



# **CONCENTRACIONES DE INSULINA Y LEPTINA EN NIÑOS DE 6 A 10 AÑOS DURANTE EL REBOTE ADIPOSO**

JENNY DEL ROSARIO VITERY RAMOS – FT.

Esp. En Fisioterapia Cardiopulmonar

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE SALUD, ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS  
MAESTRIA EN CIENCIAS BIOMÉDICAS - 7670  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FISIOLÓGICAS  
SANTIAGO DE CALI, COLOMBIA  
2018

# **CONCENTRACIONES DE INSULINA Y LEPTINA EN NIÑOS DE 6 A 10 AÑOS DURANTE EL REBOTE ADIPOSO**

Jenny del Rosario Vitery Ramos

Esp. Fisioterapia Cardiopulmonar

Tesis de Maestría presentada como requisito para optar por al título de:

**MAGISTER EN CIENCIA BIOMÉDICAS**

Directora del proyecto:  
BLANCA C. SALAZAR C. MD, MSc.

Grupo de investigación:  
Nutrición

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE SALUD, ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS  
MAESTRIA EN CIENCIAS BIOMÉDOCAS - 7670  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FISIOLÓGICAS  
SANTIAGO DE CALI, COLOMBIA  
2018

## Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Santiago de Cali, \_\_\_\_\_

A mi familia por el estímulo transmitido en mi  
trabajo diario desde mis primeros días

## AGRADECIMIENTOS

A la directora de esta tesis la Dr. Blanca Cecilia Salazar por su constante apoyo y dirección en esta tesis. Gracias por la confianza y la comprensión ante las dificultades que se me presentaron

A las familias y niños que hicieron posible esta tesis con su participación

A la convocatoria interna de la Universidad del Valle

A mis profesores y maestros, mis colegas por sus conocimientos y sus orientaciones

## LISTA DE TABLAS

- |           |   |
|-----------|---|
| Tabla 1.  | Valores de referencia de mediadores bioquímicos por autores.  |
| Tabla 2.  | Ecuaciones utilizadas para calcular Porcentaje de Grasa Corporal (%GC) para tríceps y subescapular.       |
| Tabla3.   | Variables del estudio y operacionalización  |
| Tabla 4.  | Valores de referencia por laboratorio certificado.  |
| Tabla 5.  | Valores de mediadores bioquímicos reportados en investigaciones para población pediátrica prepuber        |
| Tabla 6.  | Características generales sociodemográficas   |
| Tabla 7.  | Características generales por estrato socioeconómico y escolaridad de los padres                          |
| Tabla 8.  | Característica de actividad física  |
| Tabla 9.  | Características antropométricas de natalidad  |
| Tabla 10. | Antecedentes clínicos   |
| Tabla 11. | Variables antropométricas según la edad   |
| Tabla 12. | Variables Bioquímicas según la edad   |
| Tabla 13. | Matriz general de Índices de correlación y de determinación entre variables bioquímicas y antropométricas |
| Tabla 14. | Matriz de índices de correlación y de determinación por sexo  |
| Tabla 15. | Matriz de comparación de correlaciones por sexo.  |

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfica 1. Escala Tanner en niñas.
- Gráfica 2. Escala Tanner en niños.
- Gráfica 3. Diseño del estudio.
- Gráfica 4. Comportamiento del tamaño del efecto para diferentes niveles del coeficiente de determinación.
- Gráfica 5. Estimación de potencia en el contraste de hipótesis para un modelo lineal múltiple como función del tamaño de muestra para la relación entre la Leptina y la Edad.
- Gráfica 6. Estimación de potencia en el contraste de hipótesis para un modelo lineal múltiple como función del tamaño de muestra para la relación entre la Insulina y la Leptina.
- Gráfica 7. Estimación de potencia en el contraste de hipótesis para un modelo lineal múltiple como función del tamaño de muestra para la relación entre la Insulina y el IMC.
- Gráfica 8. Estimación de potencia en el contraste de hipótesis para un modelo lineal múltiple como función del tamaño de muestra para la relación entre la Leptina y el IMC.
- Gráfica 9. Estimación de potencia en el contraste de hipótesis para un modelo lineal múltiple como función del tamaño de muestra para la relación entre el IMC.
- Gráfica 10. Comportamiento del peso respecto a la edad según el sexo.
- Gráfica 11. Comportamiento de la talla respecto a la edad según el sexo.
- Gráfica 12. Comportamiento del IMC respecto a la edad según el sexo.
- Gráfica 13. Promedios de IMC por grupos de edad y sexo.
- Gráfica 14. Comportamiento de perímetro de la cintura respecto a la edad según el sexo.
- Gráfica 15. Promedio de perímetro de cintura por grupos de edad y sexo.
- Gráfica 16. Comportamiento de perímetro de cadera respecto a la edad según el sexo.
- Gráfica 17. Promedio de perímetro de cadera por grupos de edad y sexo.

- Gráfica 18. Comportamiento del Índice de cintura/Talla respecto a la edad según el sexo.
- Gráfica 19. Comportamiento del índice cintura cadera respecto a la edad según el sexo
- Gráfica 20. Comportamiento del porcentaje de grasa (Slaughter) respecto a la edad según el sexo.
- Gráfica 21. Promedios de porcentaje de grasa (Slaughter) por grupos de edad y sexo.
- Gráfica 22. Comportamiento del porcentaje de grasa por impedanciometría respecto a la edad, según el sexo.
- Gráfica 23. Promedios del porcentaje de grasa por impedanciometría respecto a la edad según el sexo.
- Gráfica 24. Comportamiento de la Insulina respecto a la edad según el sexo.
- Gráfica 25. Comportamiento de la glicemia respecto a la edad según el sexo.
- Gráfica 26. Comportamiento de la Leptina respecto a la edad según el sexo.
- Gráfica 27. Comportamiento de la PCR respecto a la edad según el sexo.
- Gráfica 28. Comportamiento del HOMA-IR respecto a la edad según el sexo



## **LISTA DE ANEXOS**

1. Anexo 1. Consentimiento informado
2. Anexo 1. Asentimiento Informado
3. Anexo 2. Encuesta de Caracterización de la muestra
4. Anexo 2. Evaluación de la Madurez sexual Tanner
5. Anexo 3. Cuestionario Internacional de actividad física para niños IPAQ-C
6. Anexo 4. Formato de recolección de datos
7. Anexo 5. POE de Mediciones de composición Corporal

# TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	12
2.	MARCO TEORICO	15
2.1	Definición de obesidad	15
2.1	Epidemiología	15
2.2	El tejido adiposo	16
2.2.1	Desarrollo del tejido adiposo	16
2.2.2	Rebote Adiposo	17
2.2.3	Actividad metabólica del tejido adiposo	18
2.2.4	Mediadores Bioquímicos	19
2.3	Medidas antropométricas	23
2.3.1	IMC (talla y peso)	24
2.3.2	Perímetro de Cintura	25
2.3.3	Perímetro de Cadera	26
2.3.4	Porcentaje de grasa corporal	26
2.3.5	Impedanciometría bioeléctrica	28
2.4	Velocidad de Crecimiento (VC)	29
2.5	Madurez sexual	31
2.6	Nivel de Actividad Física	34
2.6.1	Cuestionario de Nivel de Actividad Física Para Niños IPAQ-C	34
3	OBJETIVO GENERAL	35
3.1	Objetivos específicos	35
4.	METODOLOGÍA GENERAL	36
4.1	Tipo de Estudio	36
4.2	Tamaño de la muestra	36
4.3	Criterios de selección	41
4.3.1	Criterios de Inclusión	41
4.3.2	Criterios de Abandono	41
4.4	TABLA de Variables y Operacionalización	42
4.5	Diseño del estudio	43
4.6	Procedimientos	44

4.6.1 Prueba piloto	44
4.6.2 Selección de los participantes	44
4.6.3 Medición de Variables	45
4.7 Recolección y procesamiento de los datos	48
4.8 Análisis estadístico de los datos	48
4.9 Consideraciones éticas	49
5. Resultados	51
5.1 Caracterización de los sujetos del estudio	51
5.1.1 Sociodemográfica	51
5.1.2 Actividad física	51
5.1.3 Antecedentes Clínicos	54
5.2 Comportamiento de variables antropométricas y bioquímicas	55
5.2.1 Antropométricas	55
5.2.2 Bioquímicas	64
5.3. Correlación entre las variables antropométricas y bioquímicas de acuerdo con el sexo	68
6. Discusión	72
7. CONCLUSIONES	78
Fortalezas del estudio	79
Debilidades del estudio	79
8. Bibliografía	80
Anexos	86
ANEXO 1.	86
Anexo 2.	90
ANEXO 3	93
ANEXO 4.	95
Anexo 5.	97

# 1. INTRODUCCIÓN

La obesidad se ha definido como un aumento del peso corporal a expensas preferentemente del aumento del tejido adiposo (Hurtado y Rosales, 2014), actualmente es catalogada como enfermedad (Farpour-L et al, 2015). En muchos países la obesidad se ha convertido en un problema de salud pública y aunque se han hecho esfuerzos para disminuirla sigue aumentando. Los niños y adolescentes no están exentos de esta tendencia, se estima que en el mundo por lo menos 10 % de los niños en edad escolar tiene sobrepeso u obesidad, y la mayor prevalencia está en América (32 %), Europa (20 %) y Medio Oriente (16 %), (Hurtado y Rosales, 2014). Lo crucial de la obesidad infantil es su persistencia en la adultez y el desarrollo de comorbilidades. El 60% de los niños de la etapa prepuberal y el 80 % de los adolescentes, con sobrepeso, estarán con sobrepeso en la adultez temprana (Sánchez et al, 2017) En Colombia de acuerdo con los datos reportados por ENSIN 2015, la obesidad infantil tiene una prevalencia de 25.9%, con un aumento del sobrepeso en la primera infancia del 6,3% y en escolares entre 5 y 12 años del 24,4%.

En los últimos años las investigaciones han mostrado que el origen de la obesidad es multifactorial, incluye factores genéticos y ambientales. Se ha identificado al desarrollo prenatal como un momento importante de la programación de la obesidad, en el cual, el potencial genético que impulsa el crecimiento y la función organizada del tejido adiposo puede ser afectado por factores como: la nutrición materna, el ambiente hormonal y el metabólico (Borrajo, 2002). Así, cualquier perturbación de estos factores podría producir, por ejemplo, una expresión génica hacia la hiperfagia, un gasto energético reducido y una mayor tasa de adipogénesis, todo lo cual, podría manifestarse desde el nacimiento o en la infancia como un incremento de medidas antropométricas (Casanello et al, 2016)

Ha sido reportado que alteraciones del peso en el nacimiento son un mayor riesgo para obesidad en la adultez (Clarke et al, 2014). Los niños con bajo peso al nacer y prematuros, muestran una velocidad de recuperación rápida del peso en los primeros años de vida, con menor masa magra y mayor masa grasa de predominio abdominal, este estado se ha considerado factor de riesgo para la aparición de un crecimiento del tejido adiposo más temprano y mayor que el fisiológico, situación que representa un riesgo 10 veces mayor de sobrepeso o de sufrir síndrome metabólico en la edad adulta (Camhi et al, 2010), (Desai, 2013)

En la actualidad se utilizan mediciones antropométricas que estiman la cantidad de tejido adiposo en forma indirecta, aunque, sin precisar la diferencia entre masa

grasa y masa libre de grasa, la cual cambia durante el crecimiento. En la evaluación de obesidad infantil se debe tener en cuenta la edad y el sexo del niño, se describen al menos tres períodos críticos para el desarrollo de la obesidad como son: la vida fetal, el período del rebote adiposo, y finalmente el período de la adolescencia (Hurtado y Rosales, 2014). En diferentes estudios se ha descrito que el número de adipocitos se establece durante la infancia y la adolescencia y que aproximadamente el 10% de las células siguen haciendo recambio anualmente pero manteniendo un número de células grasas estable en la adultez (Arner, 2009). Los factores determinantes de la masa grasa en los adultos no están del todo claros, pero el contenido de los lípidos en las células en crecimiento (adipocitos) parece ser el más importante (Spalding et al, 2008)

En la infancia el crecimiento de la masa grasa varía, mostrando picos que cambian con la edad y el sexo. Estos cambios han sido seguidos en el tiempo a través del IMC, mostrando un rápido ascenso en el primer año de vida, seguido de un descenso a los 5-6 años, edades a partir de las cuales hay un nuevo incremento de IMC llamado rebote adiposo que continua hasta completar el crecimiento (Whitaker et al 1998, Rolland 2006, Edward et al 2017). Este periodo se considera un momento crítico del desarrollo del tejido adiposo porque se establece el número de adipocitos que predominará a lo largo de la vida (Dietz, 1994),

La mayoría de los estudios han aportado información valiosa de tipo epidemiológico a cerca de la obesidad infantil, se han realizado caracterizaciones con variables antropométricas, bioquímicas y clínicas, y se han descrito el comportamiento de esta enfermedad y sus efectos a largo plazo sobre la salud, (singh et al, 2008). Además, en estudios *in vitro* han explorado acerca de mecanismos fisiológicos de la adipogénesis, en los que se reportan diferentes inductores y reguladores de la adipogénesis (Mărginean et al, 2016). Entre estos mediadores están la insulina (Mosuwan et al, 2017), la hormona de crecimiento, los glucocorticoides, los esteroides sexuales, la hormona Tiroidea y algunas adipoquinas como la leptina (Majka et al, 2011). *In vitro*, se ha encontrado que la Insulina es una hormona inductora obligada de la adipogénesis, a través de su receptor Insulínico en el tejido adiposo (Smith et al, 1998). De la Leptina se sabe que es un importante regulador de la homeostasis de energía y de la masa grasa y se le ha utilizado como marcador de adipogénesis (Whitaker, 1998).

Teniendo en cuenta estos hallazgos, se evaluó mediante un estudio transversal analítico, el comportamiento de algunas variables antropométricas y su asociación con la concentración sérica de insulina y leptina, en una muestra de niños de 6 a 10 años, colombianos con IMC normal, durante el periodo de crecimiento del tejido

adiposo normal (rebote adiposo), con el objetivo de explorar el comportamiento fisiológico de estos mediadores bioquímicos y su influencia en el desarrollo normal del tejido adiposo durante estas edades, lo cual puede contribuir en la investigación fisiopatológica de la obesidad infantil.

.

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1 DEFINICION DE OBESIDAD**

La obesidad, se define como una la alteración fenotípica que resulta del del balance positivo entre ingesta y gasto energético, lo cual conlleva a la acumulación de tejido adiposo subcutáneo y visceral perjudicial para la salud, lo cual, se manifiesta con incremento del IMC (mayor al percentil 85 para sobrepeso y mayor del 95 para obesidad) (Cohen, 2014). Actualmente es catalogada como una enfermedad crónica, que predispone a múltiples complicaciones sistémicas y al desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), asociadas al estado nutricional y a estilos de vida no saludables (Farpour 2015).

En consecuencia, constituye un problema de salud pública que compromete a la población adulta y pediátrica. Varios estudios advierten del incremento del sobrepeso en niños considerándolo como predictor del exceso de peso en la adultez (A.S. Singh, 2008), y un factor de riesgo en la progresión de enfermedades cardiovasculares (ECV) e hipertensión, y de trastornos metabólicos como la diabetes mellitus II (DM2) enfermedades que aumentan en relación directa con el aumento de la obesidad y se asocian con mayor probabilidad de muerte prematura y discapacidad en la edad adulta Whitaker, 1998), (Godínez, 2002).

La evidencia ha mostrado que es difícil revertir la obesidad una vez establecida, lo que hace posible estimar que el 60% de los niños con sobrepeso en la prepubertad y el 80% de los que están en la adolescencia, tendrán sobrepeso u obesidad en la adultez temprana (Sánchez et al, 2017).

### **2.1 EPIDEMIOLOGIA**

Durante las tres últimas décadas, la obesidad ha sido considerada una epidemia por la Organización Mundial de la Salud (OMS), con una tendencia mundial de crecimiento para el 2015 de 6,3%, en Centroamérica de 7,4% y en Suramérica de 7,0%, reportando en la última década a México como el país más afectado por la obesidad infantil. Existen reportes que muestran que aproximadamente entre los niños 1/3 de la población son obesos y también serán obesos en la edad adulta. La prevalencia de obesidad infantil está aumentando y en algunos países latinoamericanos las tasas de prevalencia son similares a las reportadas en Estados Unidos. (Kovalsky, 2005)

En Colombia la Encuesta ENSIN del 2015, dio a conocer que el exceso de peso de la población general subió a 56,4% y en los escolares de 5 a 12 años, el exceso de peso aumento a 24,4%, siendo mayor en sujetos con índice de riqueza alto (25,4%). Respecto a la talla se identificó un retraso de 7,4% afectando principalmente a la población indígena y de bajos recursos. Por otra parte, el cumplimiento de recomendaciones de actividad física se cumple en un 35,8% en hombres con bajo índice riqueza y en menor proporción 24,7%, en sujetos con índice medio de riqueza

Esta situación de salud pública ha llevado a implementar políticas de salud pública, que promueven una adecuada alimentación y niveles de actividad física (AF) de al menos 150 minutos semanales para el adulto y 60 minutos diarios en el niño (Lynnette, 2010). Sin embargo, recientes estudios han mostrado que la práctica diaria de AF disminuye desde la niñez, alcanzando los niveles más bajos en la adultez temprana, lo cual, marca una tendencia negativa en los hábitos de vida saludable y a su vez, fracasos en los tratamientos a mediano y largo plazo (Borrajó, 2002).

## **2.2EL TEJIDO ADIPOSO**

### **2.2.1 Desarrollo del tejido adiposo**

El tejido adiposo se deriva del mesodermo a partir de precursores de células madre, involucra un complejo altamente organizado y un programa de expresión génica y de factores de transcripción que regulan la adipogénesis. Está compuesto por las células adiposas y la matriz estromo-vascular que contiene poblaciones celulares de fibroblastos, preadipocitos y células del sistema mononuclear-fagocítico (SMF), principalmente monocitos y macrófagos (Martos-Moreno, 2013). A las 6 semanas de gestación es posible identificar cerca de la red de capilares, acúmulos de células grasas en varios sitios al tiempo que ocurre la angiogénesis, los cuales, se transformarán especialmente, en tejido adiposo marrón (TAM) diseñados para el consumo de energía y generación de calor que ayudará en la regulación térmica en el ambiente extrauterino y tejido adiposo blanco (TAB) destinados al almacenaje de energía en forma de triglicéridos.

La formación de este tejido sigue aumentando, alrededor de la semana 23 ya se observan en cabeza, cuello, abdomen, pared torácica, región mamaria y extremidades. Especialmente al tercer trimestre el TAM y el TAB aumentan influenciados por la nutrición materna y tras el parto la diferenciación de TAB se



acelera y reemplaza casi en su totalidad al TAM, incrementando tanto en el tejido adiposo visceral como en el subcutáneo, los cuales, continúan desarrollándose a lo largo del crecimiento y la vida adulta. El tejido adiposo puede variar entre el 2% y 3% del peso corporal hasta un 60% a 70% del peso corporal en la obesidad (Feve B, 2005)

La mayoría del desarrollo del tejido adiposo se completa en la infancia y la pubertad, en donde predomina la hiperplasia y la expansión masiva de este tejido a lo largo de la vida, esto se piensa que es debido incremento del tamaño de los adipocitos blancos (hipertrofia) (Spalding K. L., 2008) En la edad adulta, el número de adipocitos es relativamente estable y la tasa de rotación es de aproximadamente el 10% anual, reemplazando aproximadamente la mitad de los adipocitos blancos, cada 8,3 años (Bin Feng, 2013).

### **2.2.2 Rebote Adiposo**

En la niñez temprana comprendida entre los 3 y 6 años, el niño adquiere la apariencia delgada y gana rápidamente talla, aparece un nuevo periodo de adipogénesis llamado de rebote adiposo (RA), que corresponde al segundo cambio en la curva del IMC, el cual inicia normalmente alrededor de los cinco y seis años y continua hasta completar el crecimiento. De forma paralela a esta etapa, entre los 7 y 10 años, se presenta una desaceleración de la velocidad de crecimiento longitudinal con cambios pequeños de cinco a ocho cm/año previo al estirón puberal. por tanto, el incremento del IMC en esta etapa se asocia más con el crecimiento del tejido graso, que de los otros tejidos (Rolland, 2006), (Camhi SM, 2010).

En el niño obeso, se ha evidenciado que la tasa de proliferación de adipocitos es mayor comparada con sujetos delgados, así, la obesidad de instauración precoz induce una tasa de reclutamiento de pre-adipocitos más acelerada que determina una mayor población celular adipocitaria (Rolland, 2006), con menor capacidad hipertrófica, atenuando el patrón de producción de adipoquinas durante la infancia, pero incrementando el riesgo de obesidad severa y desarrollo de comorbilidades en etapas posteriores, por lo cual, el inicio del RA constituye el mejor predictor escolar de obesidad en la adultez (Williams yGoulding, 2009), (Zhou, et al, 2016).

### 2.2.3 Actividad metabólica del tejido adiposo

En la última década, se ha considerado al TAB como un depósito de energía dinámico, con función endocrina y exocrina, que libera citoquinas y adipocinas en respuesta a las reservas corporales, es capaz de dirigir señales a otros tejidos provocando efectos a nivel sistémico, para modular el metabolismo de lípidos, la acción de la insulina, la homeostasis metabólica, la inmunidad y hasta la reproducción (Borrajo, 2002).

La presencia de obesidad se considera un factor importante en el desarrollo de la intolerancia a la glucosa, resistencia a la insulina y dislipidemias (Sinha R, et al, 2002). Los mecanismos por los que el exceso de grasa causa resistencia a la insulina son complejos e involucran diferentes vías fisiopatológicas en respuesta al exceso de grasa especialmente del tejido adiposo visceral, el cual, segrega mayor cantidad de adipocinas que crean un ambiente inflamatorio, asociado al aumento en las concentraciones del factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ), interleucina 6 (IL-6), resistina, inhibidor del activador del plasminógeno (PAI-1), leptina (Lp), fibrinógeno y componentes del sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA) (Pires, 2015), lo cual en conjunto, afecta e interrumpe la señalización de la insulina y promueven la lipólisis en el tejido adiposo, lo cual, favorece una mayor liberación de ácidos grasos libres y contribuye la resistencia a la insulina.

Por otra parte, la obesidad cursa con un estado de estrés oxidativo, debido a una ingesta excesiva de macronutrientes o por aumento en la tasa de metabolismo, liberando gran cantidad de especies reactivas de oxígeno, que perpetúan el ambiente inflamatorio, mediante la activación del NF- $\kappa$ B (*factor nuclear* potenciador de las cadenas ligeras kappa de las células B activadas), el cual, estimula la expresión de genes que codifican proteínas y moléculas involucradas en el proceso inflamatorio, la presencia de macrófagos (MFGs) infiltrados en el tejido adiposo, posiblemente se asociada a la muerte de células hipertróficas y a la liberación de citoquinas proinflamatorias por las células adiposas (Ezquerro, 2008), (Weisberg S, 2003).

Estos cambios paulatinos y sostenidos en la obesidad, provocan un estado inflamatorio de bajo grado, que desencadena incremento de Proteína C reactiva ultra sensible, entre otros reactantes de inflamación (Acevedo et al, 2007) y una serie de factores de transcripción entre el citosol y el núcleo de las células, lo cual, inhibe la transducción de la señal de insulina, alterando la actividad del transportador de glucosa (GLUT4) disminuyendo así, la captación de la glucosa sanguínea, lo que conlleva a hiperinsulinemia, resistencia a la insulina en el tejido hepático, muscular y pancreático, aparición de leptinoresistencia y como

consecuencia, alteración en los mecanismos orexígenos y anorexígenos que modulan el balance energético; dicha condición se ha asociado con el desarrollo de alteraciones cardiovasculares en especial de vasos coronarios y metabólicas como la *diabetes mellitus II* (Pires, 2016).

Los criterios diagnósticos para la inflamación de bajo grado no han sido definidos con precisión; se ha reportado que el aumento en los niveles séricos de proteína C reactiva (PCR), en personas obesas, se ha relacionado con aumento de IL-6 y TNF- $\alpha$ , los cuales son sintetizados por los adipocitos maduros del TAB en especial del visceral, por tanto, las personas obesas con un mayor nivel de IL-6 y RI, presentan mayores niveles séricos de PCR. (Brooks, 2010), (Oliveira, 2011)

## **2.2.4 Mediadores Bioquímicos**

### **2.2.4.1 Insulina**

Es una hormona peptídica sintetizada en las células beta del páncreas, que se secreta de forma pulsátil y bifásica en respuesta a la ingesta de alimentos. La insulina es una hormona anabólica, con una importante acción en el metabolismo de los hidratos de carbono al mantener niveles adecuados de glicemia. Entre sus funciones está la captación de glucosa en el músculo y en el tejido adiposo, ayuda en la translocación del transportador de glucosa GLUT-4 a la membrana celular, en la síntesis de glucógeno hepático y muscular, síntesis de proteínas y su expresión, regulación de la producción de glucosa hepática, entre otras. Cuando la respuesta de los tejidos a la acción de esta hormona esta atenuada se considera un estado de resistencia a la insulina (RI), que conlleva a un incremento en la secreción de insulina para compensar la elevación de los niveles de glucosa circulante

En el niño un principal factor de riesgo para desarrollar resistencia a la insulina es el sobrepeso y la obesidad, condición que se asocia con mayor riesgo de presentar enfermedades crónicas no transmisibles como la diabetes mellitus tipo 2 y el síndrome metabólico, entre otras. Además, investigaciones *in vitro* han permitido identificar diferentes aspectos de la diferenciación y transcripción de células adiposas y señalan a la insulina como una hormona que actúa como un potente factor de crecimiento e inductor de factores de diferenciación y de transcripción, mediante la activación de agonistas de glucocorticoides, que estimulan la diferenciación de preadipocitos I, en adipocitos II tras expansión clonal, participando a lo largo de este proceso factores de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF -1), ligandos del receptor activado por proliferadores peroxisomales y (PPAR $\gamma$ ), y factores de

transcripción iniciales como la proteína de unión CCAAT/enhancer  $\beta$ , (C/EBP $\beta$ ) y C/EBP $\delta$  y C/EBP $\alpha$ , que activan la expresión de la mayoría de los genes que caracterizan al fenotipo adipocitario (Klemm, 2001), (Bin Feng, 2013).

La sensibilidad a la insulina es muy variable aún entre sujetos normales, depende de la edad, de momentos fisiológicos como la pubertad, la gestación y el envejecimiento, como también del tipo de dieta y nivel de actividad física. Actualmente la prueba estándar de oro para medir la sensibilidad de los tejidos a la insulina y la secreción de insulina en respuesta a un estímulo es el clamp euglicémico-hiperglicémico y el modelo mínimo, estas pruebas directas son complejas, requieren laboratorios especializados y no están exentas de riesgo en especial en los niños, por lo cual, no son prácticas para estudios con muestras grandes. Con mayor frecuencia para evaluar la RI se han usado métodos indirectos basados en la cuantificación sérica de glucosa e insulina como índice QUICKI (*Quantitative Insulin Check Index*) y el HOMA-IR (Homesitatic Model Assessment (HOMA)). Estos métodos tienen moderada correlación con la técnica de Clamp y han sido usados en estudios poblacionales en diferentes países.

El HOMA-IR es el método más usado para medir RI en población pediátrica. Esta medida resulta de aplicar un modelo matemático que incluye la concentración de glucosa y de insulina en ayunas, el modelo se calibra con una función celular  $\beta$  de 100% y una RI normal de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{HOMA-IR} = [\text{insulina } (\mu\text{U/ml}) * \text{glucosa (mmol/L)}] / 22.5.$$

En la población pediátrica el diagnóstico debe ser cuidadoso, puesto que es necesario considerar los cambios hormonales que preparan al niño a la transición puberal, se ha documentado que los niveles de insulina y HOMA cambian con la edad en condiciones fisiológicas normales, por lo cual se han empleado puntos de corte diferentes al del adulto el cual está entre un rango de 2,5 a 25mU/L. En población pediátrica se ha sugerido puntos de corte para la insulina en niños prepuberes entre 2,8 y 4,5mU/L para niñas y 2.8 a 5.3mU/L para niños. (Ballerini, 2016). Mientras para HOMA un punto de corte de 3,16 (Keskin, 2005) y en otro estudio el valor presentado es de 3.8(Tapia, 2007).

En el estudio de García Cuarteros, 2007, fue evaluada una población de niños sanos entre 1 mes a 18 años, para establecer puntos de corte para insulina, encontrando que entre los 37 y 96 meses el valor de insulina fue de 3,20 para niños y 4,30 para

niñas, mientras que para índice HOMA los puntos de corte fueron para niños de 0,63 y para niñas 0,92.

#### **2.2.4.2 Leptina**

La leptina es una hormona peptídica, liberada por diferentes órganos entre ellos el tejido adiposo blanco y en menor grado el estómago, la placenta y las células estelares del hígado. La concentración de leptina es dependiente del volumen del tejido graso y su secreción tiene un ritmo pulsátil, siendo mayor en las primeras horas de la mañana y disminuye hacia el mediodía. De acuerdo con el sexo, la concentración es mayor en las mujeres que en los hombres, lo cual es independiente del IMC, de los pliegues cutáneos y la edad. Esto se explica dado que su liberación en las mujeres es 75% mayor por unidad de masa grasa, en especial del tejido subcutáneo. Por otra parte, los niveles de estrógenos circulantes en la mujer inducen la expresión de leptina e incrementan la sensibilidad de los tejidos a la hormona. (Jiménez, 2010).

La reducción en los niveles séricos de leptina como resultado del ayuno o la restricción calórica, se acompaña de un aumento del apetito y una disminución en el gasto energético. Así, el nivel de leptina circulante es un estímulo que regula la ingesta, estimulando a través de señales aferentes núcleos del hipotálamo como: el núcleo arcuato (NA), el paraventricular (NPV) y el dorso-medial (NDM), así como en el hipotálamo ventro-medial (HVM) y lateral (HL) a través de los cuales, estimulan la ingesta y la saciedad. Por tanto, esta hormona es capaz de regular mediante una retroalimentación negativa el tamaño de los adipocitos. A nivel periférico se conoce que en el músculo, la leptina estimula la quinasa dependiente de adenosin-monofosfato (AMP-K), incrementando el gasto de energía (Martos-Moreno, 2012).

En la obesidad la alteración de los receptores periféricos de leptina y la saturación de su transporte por vía hematoencefálica se ha asociado con un estado de resistencia a la leptina, responsable de la hiperfagia. Para el seguimiento de este biomarcador, de acuerdo con estudios realizados en sujetos con y sin obesidad se han establecido puntos de corte para riesgo de enfermedad mayores al percentil 75. Así, para adultos según Sierra – Johnson, 2007 los puntos de corte punto de corte 7,6 ng/dl para hombres y de 23,6 ng/dl para mujeres. En el estudio de Gijón 2015, para detectar anomalías cardio-metabólicas los puntos de corte fueron de 6,45 para hombres y de 23,7 para mujeres. En niños los datos son más escasos, en un estudio realizado en Colombia con 545 escolares de 5 a 15 años, los puntos de corte propuestos mayores al percentil 75 para sujetos entre 5 y 6 años son: niños

es 2,9 y para niñas 6,4. Para sujetos entre 7 y 8 años: niños de 4.7 y en niñas de 10 y para sujetos de 9 a 10 años niños de 8.0 y niñas 13,6 (ng/ml). (Poveda, 2007).

### **2.2.4.3 PCR Ultrasensible**

La proteína C reactiva es un reactante de fase aguda sintetizada por los hepatocitos y células del endotelio vascular, su expresión está regulada por citoquinas como la IL-6, IL-1 el TNF- $\alpha$  y leptina, siendo inhibida por la adiponectina. En condiciones en las que no existe un proceso inflamatorio evidente los niveles de esta proteína son muy bajos, por lo cual, para detectarla se requiere una técnica de mayor sensibilidad como la PCR ultrasensible (PCRus). Esta proteína forma parte de la inmunidad innata y su síntesis es inducida como respuesta al daño tisular (Manzur et al, 2011).

La PCR es una proteína sensible como marcador de inflamación, tanto de la inflamación sistémica, como la de bajo grado característica de la obesidad (Acevedo 2007). También se considera como predictor de enfermedad cardiovascular futura, debido a su capacidad de depositarse en la íntima de las arterias, contribuyendo a la formación de lesiones vasculares que son la base del desarrollo de la aterosclerosis. La PCR también interacciona con la leptina, bloqueándola e incrementando la resistencia a la misma, lo cual se ha estudiado en sujetos obesos.

De acuerdo con la distribución del tejido graso, la obesidad central se ha asociado con mayores niveles de IL-6, y esto a su vez con mayores niveles de PCR. Así, para detectar inflamación de bajo grado asociado a riesgo cardiovascular, en adultos el punto de corte propuesto es mayor a 3mg/L (Oda, 2008). En niños aún no hay un consenso y aunque se han propuesto diferentes criterios de análisis para su estudio, el más aceptado es mayor a 0,5 mg/L. Los valores mayores de 10mg/L se asocian a infección aguda o a inflamación sistémica de origen autoinmune (Wrarnberg et al, 2006). Valores de PCR elevada también han sido estudiados relacionando su elevación con riesgo de aterosclerosis temprana a en niños, síndrome metabólico y esteatohepatitis no alcohólica (Matsuo, 2002).

Los puntos de corte para el seguimiento de la PCR en niños aun no son concluyentes, diferentes investigaciones han mostrado que los valores son niñas en especial después de los 16 años (NHNES, 2000) y una media de 0,4mg/l sin

diferencia significativa por sexo. Un valor similar fue reportado en el estudio de Acevedo, con una media de 0,43mg/l sin diferencias significativas por sexo.

Tabla 4. Valores de mediadores bioquímicos reportados en investigaciones para población pediátrica prepuber.

Autor	Leptina	Autor	HOMA-IR	Autor	Insulinia	Autor	PCR
Johnson, 2007	Niños=7,6ng/dl Niñas= 23,6 ng/dl	Keslin 2005 prepubes y adolescentes	3,43	Cuarteros 2006	Niños=3,20 Niñas=4,20	NHNES 2000	0,4
Gijón 2015	Niños=6,45 Niñas=23.7	Ballerini 2016 prepuberes	<7,5a=0,6 >7,5a=1,1	Ballerini 2016 prepuberes	<7,5a=2,9 >7,5a=5,0	Acevedo 2007	0,43
Poveda 2007	Niños= 4.7 Niñas=10	Tapia 2007	3,8				

Unidades de medida para: Insulina: microunidades por litro (mU/L), Leptina: nanogramo por mililitro (ng/mL), Gliemia: miligramos por decilitro (mg/dl), PCR: miligramo por litro (mg/L).

## 2.3 MEDIDAS ANTROPOMETRICAS

En los niños el crecimiento paulatinamente incrementa los depósitos de grasa, su distribución regional depende de la capacidad de acumulación de los diferentes tejidos y la etapa biológica de maduración en la que se encuentra (primera y segunda infancia, preadolescencia y adolescencia), lo cual, determina un fenotipo en la mujer y en el hombre y una forma ginecoide o androide respectivamente.

Existe evidencia que la distribución del tejido graso está genéticamente condicionada, reconociendo que más del 60% de la variabilidad de la masa grasa visceral se debe a factores heredados (Bouchard,1993). Aunque, los compartimientos corporales de la grasa (grasa total corporal, grasa subcutánea y grasa visceral), suelen tener un alto índice de correlación entre sí, un factor determinante en la distribución de la grasa es el sexo y la influencia de las hormonas sexuales, lo cual muestra acumulaciones masculinas preferentemente centrales y superiores y femeninas con acumulaciones periféricas e inferiores. La acumulación de grasa visceral, no siempre se relaciona con incremento similar de grasa subcutánea, lo cual, sugiere que la adquisición de grasa visceral durante la infancia, independientemente de las variaciones de la grasa corporal total y subcutánea, pueden tener importantes implicaciones futuras en la salud (Godínez, 2002).

Desde la infancia, el aumento de grasa visceral ha sido relacionado positivamente con el nivel de colesterol total colesterol-LDL, triglicéridos, incremento de insulina y secreción de insulina basal, y guardad una relación negativa con la sensibilidad a la insulina y los niveles de colesterol-HDL, lo cual informa de su acción deletérea. la grasa visceral está contenida en la parte interna de las cavidades corporales, envolviendo órganos abdominales; estos depósitos representan cerca del 20% del total de grasa corporal en el hombre y aproximadamente el 6% en la mujer. mientras los depósitos de la grasa subcutánea se acumulan preferentemente en la región femoral y glútea (Gatica, 2016).

En la obesidad infantil la definición de indicadores idóneos que permitan cuantificar el exceso de grasa corporal debe basarse en la estimación del porcentaje de grasa corporal más que con índices que cuantifiquen la masa corporal como el IMC, que, aunque es un indicador aceptado internacionalmente debe ser usado con precaución en niños con sobrepeso y obesidad.

### **2.3.1 IMC (talla y peso)**

El índice de masa corporal (IMC) es un parámetro que evalúa el peso/talla<sup>2</sup>, es utilizado ampliamente en el diagnóstico del estado nutricional de los niños y la obesidad. Actualmente existen estándares para este índice en niños y adolescentes, con datos analizados en diferentes países, en los cuales se identificaron diferencias significativas para igual percentil (Rosenthal M., 1994), por lo cual, para su análisis poblacional se señalan puntos de corte de acuerdo al percentil, ubicándolo en un rango (Z-score) para las diversas poblaciones, a partir de la edad, la talla y el sexo. (OPS/OMS 2007), (OMS Colombia 2011)

Aunque este índice, es muy validado para establecer la correlación de la cantidad de grasas corporal en el adulto, en los niños este índice no refleja fielmente los cambios de composición corporal que ocurren en la infancia y adolescencia, por lo que limitarse a realizar una valoración en niños exclusivamente con este parámetro es insuficiente, siendo necesario detallar los componentes corporales (Díaz J. 2012).

Una de las principales limitaciones es que el incremento del IMC podría ser debido a aumento de la masa magra, el crecimiento óseo y del tejido graso el cual varía dependiendo de la edad, el sexo, el tipo de población y la madurez sexual. Aunque un individuo tenga un IMC normal, podría tener aumento del tejido adiposo visceral que ocupa el mesenterio y omentos con potencial efectos deletéreos para la salud,



lo cual merece especial consideración cuando se busca realizar un diagnóstico, siendo en este caso el IMC un parámetro menos sensible. (Moreno L. 2012)

Puntos de corte para definir normalidad, sobrepeso y obesidad

Clasificación de Obesidad Infantil Según el IMC (Cole et al, 2000)		
IMC (kg/m <sup>2</sup> )		Clasificación
≤15	p<50	Bajo peso
> 15 y ≤25	p 50-85	Normopeso
25- 29.9	p 85-94	Sobrepeso
>30	p>95	Obesidad

### 2.3.2 Perímetro de Cintura

Una medida que se obtiene rodeando la cintura del sujeto con una cinta métrica, colocada en el nivel más estrecho entre la 10 costilla y la cresta iliaca, obteniendo una medición en centímetros. Esta medida se compara con los percentiles de cintura recomendados por Freedman 2000, tomando como valor la medida menor al percentil 90

El perímetro de la cintura es un indicador de obesidad abdominal que, al medir la relación con la talla, Índice cintura talla (ICT) brinda información que predecir el riesgo cardiovascular en niños y adultos, además ha mostrado asociación con factores de riesgo cardiovascular y una fuerte correlación con el área grasa visceral, medida por tomografía computarizada (Curilem C. 2016).

El incremento del perímetro de cintura es un buen indicador de obesidad central se ha relacionado con elevación de la presión arterial, el colesterol total, LDL-c, TG, descenso de HDL-c y Resistencia a la insulina.

La índice cintura talla se toma como una medida antropométrica complementaria, la literatura reciente destaca el uso de un punto de corte de  $\geq 0,55$ , un valor mayor se correlaciona con el aumento de factores de riesgo, independiente de la edad, el sexo y etnia. (Monzani A, 2016, Valle L. et al 2015)

### 2.3.3 Perímetro de Cadera

Una medida que se obtiene rodeando la cadera con una cinta métrica, teniendo como referencia la prominencia máxima de las nalgas y el pubis, asegurándose que la cinta métrica se mantenga horizontal. La medida se obtiene en centímetros.

Al relacionar el perímetro de cintura con el perímetro de cadera o índice cintura/talla (ICC), este parámetro es útil para conocer el volumen de grasa abdominal. los valores de normalidad reportados en adultos son: ICC entre 0,71 a 0,85 en mujeres y 0,78 a 0,94 en hombres, valores superiores indican obesidad abdominal, y se han asociado con mayor riesgo de hipertensión arterial y diabetes mellitus 2.

Recientes estudios han buscado definir los valores de perímetro de cintura y de cadera en niños prepúberes y púberes en ambos sexos, encontrando correlación con riesgo de enfermedades metabólicas y cardiovasculares en el adulto. Este parámetro se ha tenido en cuenta para el diagnóstico de síndrome metabólico cuando es ICC es mayor al percentil 90.

### 2.3.4 Porcentaje de grasa corporal

La evaluación de la composición corporal en niños y adolescentes es cambiante, debido que presentan cambios bioquímicos e hiperplasia de diferentes tejidos según el grado de madurez biológica, lo cual, produce cambios en las proporciones y densidades de los componentes de (agua, minerales y proteínas) masa libre de grasa, masa grasa y agua corporal. El método más recomendado es el pesaje con agua doblemente marcada, sin embargo, en niños puede presentar algunas limitaciones técnicas, por lo cual, existen métodos alternativos como la pletismografía por desplazamiento de aire (PDA) y la absorciometría fotónica dual de rayos X (DXA), que son métodos validados y considerados como referencia. otras mediciones indirectas, no invasivas y sencillas son la medición de los pliegues cutáneos y la Impedanciometría bioeléctrica, métodos que son más usados en niños escolarizados y en la consulta pediátrica, los cuales permiten registrar cambios durante el periodo de crecimiento y desarrollo (Alvero J., 2009).

### Pliegues cutáneos

Las mediciones de pliegues cutáneos requieren el empleo de fórmulas de conversión, basadas en las medidas del porcentaje de grasa corporal (%GC) a partir, de un modelo que involucra un número de componentes (2 o 4 pliegues

cutáneos) de acuerdo con la edad, sexo, grado de adiposidad y emplea, una sumatoria de los pliegues cutáneos para predecir el porcentaje de grasas corporal (%GC). este método contempla un error de predicción del 3.6% de la grasa corporal y han sido desarrolladas para niños entre 4 y 17 años cuya sumatoria de 2 pliegues cutáneos ( $\Sigma 2P$ ) es mayor o menor a 35mm.

Desde el nacimiento hasta los 22 años la masa libre de grasa aumenta en los hombres desde ~1,063 hasta 1,102 g/cc y en las mujeres desde ~1,064 hasta 1,096 g/cc, el contenido de agua ligeramente disminuye desde el 80% desde el primer año, hasta el 74% en torno a los 20 años y el contenido mineral óseo casi se duplica 3,7% en la niñez hasta un ~7,0% en la edad adulta.

Usando el modelo de Slaughter en niños con 2 componentes el pliegue subescapular y el tricipital, se ha encontrado que esta medición posee un buen nivel de estimación del %GC (con un error -0,3 a 1.3% GC), y se recomienda como instrumento de medición usar el modelo de plicómetro de Harpenden. (Slaughter MH.1998)

Tabla 2. Ecuaciones utilizadas para calcular Porcentaje de Grasa Corporal (%GC) para triceps y subescapular

<b>ECUACIÓN DE SLAUGHTER (prepuberes)</b>	
Niños - raza blanca	$\%G = 1.21 (\text{triceps} + \text{subscapular}) - 0.008 (\text{triceps} + \text{subscapular})^2 - 1.7$
Niños - raza negra	$\%G = 1.21 (\text{triceps} + \text{subscapular}) - 0.008 (\text{triceps} + \text{subscapular})^2 - 3.2$
Niñas - todas	$\%G = 1.33 (\text{triceps} + \text{subscapular}) - .013 (\text{triceps} + \text{subscapular})^2 - 2.5$
%G: porcentaje de grasa	

De acuerdo con los puntos de corte propuestos por Deurenberg et al, 1990. Para niños y adolescentes de 7 a 17 años, el porcentaje de grasa medido por pliegues cutáneos se clasifica por sexo bajo estos criterios:

Clasificación del porcentaje de grasa. Deurenberg 1990.		
Criterio	Varones	Mujeres
Baja adiposidad	$\leq 10\%$	$\leq 15\%$
Adecuada adiposidad	$> 10\% \text{ y } \leq 20\%$	$> 15\% \text{ y } \leq 25\%$
Adiposidad moderadamente alta	$> 20\% \text{ y } \leq 25\%$	$> 25\% \text{ y } \leq 30\%$
Alta adiposidad	$> 25\%$	$> 30\%$

### 2.3.5 Impedanciometria bioeléctrica

La Impedanciometria bioeléctrica (BIA) es un método utilizado para estimar la composición corporal de dos o tres compartimentos (masa grasa, masa libre de grasa y agua corporal), mide la impedancia ( $Z$ ) o respuesta de los tejidos en función de sus propiedades al paso de una corriente eléctrica alterna, con una intensidad de voltaje muy baja, menor de los umbrales de percepción del cuerpo humano.

De acuerdo con estímulo aplicado, el equipo puede funcionar en la modalidad de monofrecuencia en la cual trabaja a 50 khz y solo permite medir el agua corporal total, o puede funcionar como multifrecuencia abarcando frecuencias desde 100khz a 1000khz, lo cual, permite discriminar entre agua extra e intracelular, masa celular corporal y masa extracelular. El tipo de medición que se realiza puede ser parcial (de mano a mano, de pie a pie), total (de mano a pie) y segmental (tronco u otros segmentos) (Jaeger, 2009).

Las propiedades bioeléctricas de los tejidos corporales, cuyo componente principal es la membrana celular conformada por la bicapa lipídica, con sus componentes estructurales y medio externo e interno, actúan como una interfase dieléctrica (aislante) y puede considerarse como las dos placas de un condensador biológico, formado por las capas conductivas de proteína y capas aislantes de lípidos. Al aplicar una corriente eléctrica alterna en la pared de las células, estas pierden su efecto de capacitancia (resistencia) ( $X_c$ ) dejando pasar la corriente. El BIA puede atravesar las soluciones electrolíticas del intersticio y los adipocitos, a exclusión de las gotas lipídicas e hidrofóbicas que no conducen corriente; por tanto, puede analizar el compartimiento de los tejidos blandos, atribuibles a la masa magra sin hueso y a la masa grasa. Existe una menor resistencia al flujo de la corriente en regiones con una gran área transversal, como el tronco, mientras que la resistencia es mayor en zonas con menor área transversal, como los brazos. (De la Rosa, 2007).

Para determinar la composición corporal, la estimación de la resistencia del cuerpo al paso de la corriente eléctrica debe transformarse, teniendo en cuenta la talla, el área de sección transversal y el voltaje aplicado. una vez conocida la impedancia se puede estimar el agua corporal total y a partir de este valor se calcula la masa libre de grasa (músculos, órganos internos, huesos y SNC) asumiendo que de manera constante tiene un grado de hidratación de 73.2% y una concentración de potasio de 68.1 mmol/kg. La masa grasa tiene una densidad de 0.9007 g/cm<sup>3</sup> a 36°C y no contiene potasio y puede ser calculada utilizando el modelo de fraccionamiento bioquímico de dos compartimientos. Para el cálculo de la masa corporal se utiliza el

cálculo del ángulo de fase y la masa libre de grasa, para lo cual se usarán las siguientes formulas

$$(\text{Masa Libre de Grasas}) \text{ MLG} = \text{ACT}/0.73$$

$$(\text{Masa Grasa}) \text{ MG} = \text{Peso total} - \text{MLG}$$

$$(\text{Masa Corporal}) \text{ MC} = \text{MLG} \times \ln 0.50 \text{ Khz} \times 0.29$$

La Impedanciometria bioeléctrica, es una técnica rápida, simple, de gran aceptabilidad, no invasiva, consiste en colocar cuatro electrodos dos en la mano y dos en el pie derecho, a través de los cuales se emite un pulso eléctrico imperceptible por el sujeto evaluado, con lo cual se mide los valores de impedancia, resistencia y reactancia corporal. se ha demostrado que la Impedanciometria puede producir errores en la estimación del agua corporal total y de la masa libre de gasa entre el 2-4 % en sujetos sanos. Para mejorar la precisión es necesario medir bajo condiciones estandarizadas el peso y la talla, controlar la ingesta de líquidos y la intensidad del ejercicio 12 horas previas a la prueba; la presencia de procesos febriles, deshidratación o edema, pueden alterar los resultados. (Pialoux, 2004)

Para la evaluación del porcentaje grasa corporal por Impedanciometria en niños menores de 10 años, se recomienda usar la ecuación de Kushner que estima el agua corporal total (ACT) en vez de la masa libre de grasa, el error de predicción para esta ecuación fue de 1.41l para convertir el agua corporal total en masa libre de grasa corporal de niños y adolescentes.

Tabla 2. BIA, ecuación de Kushner	
AUTOR	ECUACIÓN
Kushner, et al. 1992	ACT = 0,593 (HT <sup>2</sup> /R) + 0,065 (PC) + 0,04 R <sup>2</sup> = 0,99; SEE = 1,41 L

## 2.4 VELOCIDAD DE CRECIMIENTO (VC)

El crecimiento es un proceso biológico característico, asociado al desarrollo y maduración progresiva de las estructuras corporales para alcanzar una plena capacidad funcional. Las variaciones de la talla el ritmo de maduración está impuestos genéticamente y a lo largo del crecimiento interactúan con factores ambientales y nutricionales que lo modulan. La curva de crecimiento desde el componente fetal hasta la primera infancia (2-3 años) es muy rápida, a nivel prenatal depende particularmente del espacio disponible para crecer intra-útero y la

nutrición, posterior al nacimiento, aunque la nutrición es un factor importante la influencia del genotipo impone aceleraciones o desaceleraciones en el ritmo de crecimiento. Posterior a los 3 años, la VC continua, pero de forma más lenta manteniendo una velocidad de crecimiento de 5 a 7 cm/año, que persiste hasta el inicio del estirón puberal cuando alcanza el nadir con VC de 4,5 a 5cm/año, también conocido como depresión puberal de la VC. En niños con retardo del crecimiento la depresión de la VC es de solo 2 a 3 cm/año.

Aunque no se conocen totalmente los mecanismos hormonales que regulan el crecimiento, se reconoce que desde el periodo fetal la insulina y el sistema de factores de crecimiento semejantes a la insulina (IFGs – insuline like growth factor) especialmente el IGFs 1 y 2 son relevantes y no dependientes de la hormona del crecimiento (GH), mientras que en la edad postnatal es alrededor de los 6 meses de vida cuando de forma gradual y progresiva la GH se hace presente, sin embargo, son también importantes otras hormonas como la insulina, hormonas tiroideas, andrógenos suprarrenales, glucocorticoides, leptina, paratohormona, vitamina D entre otros (Pozo, 2015).

La unión de la GH con su receptor induce través de vías intracelulares la expresión de determinados genes entre ellos los IGFs (IGFs-1 y IGFs-2). Estos péptidos tienen acciones mitogénicas y anabolizantes sobre la mayoría de las células, circulan en sangre unidos a proteínas de transporte específicas (IGFBPs), los cuales en sangre además se unen a una unidad ácido lábil (ALS) que hace más estable la unión del FCI con la proteína de transporte, formando así el complejo trimolecular (IGF-IGFB-3-ALS) que limita la salida de los IGFs a los tejidos, lo cual, aumenta su vida media y concentración sérica, a la vez que evita sus efectos hipoglucemiantes derivados de su similitud molecular con la insulina y asegura la unión del FCI a su receptor específico.

Las moléculas de este complejo son producidas por el hígado como efecto directo de la HC. Proteasas circulantes rompen este complejo trimolecular liberando los IGFs a los tejidos, favoreciendo la diferenciación de precondrocitos epifisarios y el incremento de la producción local (autocrina/ paracrina) de FCI-I, que estimula la expansión clonal y la maduración de los condrocitos diferenciables. La velocidad del crecimiento normal o supranormal ha sido atribuida a hiperinsulinemia, a un incremento de los niveles de leptina o a hiperprolactinemia. La obesidad, o la rápida ganancia de peso, es un común denominador frecuente en estos pacientes, que muestran niveles bajos de HC frente a estímulos provocativos, así como niveles bajos de FCI-I, PUFICI-1 y PUFICI-3 (Rosembloom A. L: 2007)

La velocidad de crecimiento puede verse afectada por el estado de desnutrición o en niños que han presentado enfermedades crónicas que han desviado su canal de crecimiento. En condiciones fisiológicas normales cuando desaparece la enfermedad, tienden a recuperarlo su canal de crecimiento, sin embargo, cuando la noxa es severa y se presenta en periodos críticos del crecimiento como el periodo fetal, el primer año de vida y la pubertad, en donde los fenómenos de proliferación celular son más intensos, podría afectar tanto el crecimiento como inducir cambios permanentes morfológicos y funcionales de órganos, composición corporal, secreción/ acción de hormonas y factores de crecimiento como es el caso de ECNT como la obesidad, el síndrome metabólico y las enfermedades cardiovasculares (Pozo, 2015).

## **2.5 MADUREZ SEXUAL**

La pubertad es una etapa del desarrollo en la que el niño está en transición a la adultez, dura aproximadamente tres a cuatro años, en este periodo hay un proceso de crecimiento estructural y de maduración regulados genéticamente por factores neuroendocrinos y hormonales, que le permiten alcanzar su capacidad reproductiva. Esta etapa inicia cuando comienzan a aparecer los caracteres sexuales secundarios y aumenta la velocidad de crecimiento, se presentan cambios somáticos y psicológicos, hasta que alcanza la talla adulta, la madurez psicológica y la fertilidad (Saucedo y Santoncini, 2010).

La escala de Tanner describe los cambios físicos que se observan en genitales, pecho y vello púbico, a lo largo de la pubertad en ambos sexos. Esta escala está aceptada internacionalmente, clasifica y divide los cambios cronológicos puberales en 5 etapas sucesivas que van de niño (I) a adulto (V). en relación con el proceso de maduración biológica cada estadio Tanner dura entre 12 a 15 meses y los límites normales de inicio de la pubertad se mantienen entre los 9 y 11 años y dan una puntuación en Tanner- II (Molina, 2009).

En la mujer el crecimiento mamario o telarquia unilateral o bilateral es el primer signo puberal el cual sucede normalmente a los 11 años. La aceleración del crecimiento lineal es una de las primeras manifestaciones de la pubertad, los niveles de hormona folículo estimulante (FSH), hormona luteinizante (LH) y el estradiol se elevan antes de que se manifiesten los cambios físicos y siguen aumentando a lo largo de la pubertad, indicando la gonarquía, el incremento de estrógenos estimula el crecimiento mamario, genital, maduración de la mucosa vaginal uterina,

crecimiento endometrial, y cambios en la composición corporal por aumento del tejido graso en las caderas (Hernández, 2008)

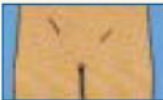









En las niñas el estadio Tanner II marca el inicio puberal que coincide con la aparición del botón mamario y un pico de velocidad de crecimiento en el estadio III de Tanner de  $9 \pm 2$  cm. El cual ocurre a una edad promedio de 10,5 a 11 años que coincide con el estirón puberal, siendo la menarca un fenómeno tardío 2 años después (Tanner IV), con un crecimiento postmenarquia de 4 a 11cm,

En el niño el desarrollo puberal inicia a una edad promedio de 11.5 a 12 años, a lo largo de la pubertad hay aumento de LH, FSH, y testosterona y de otros metabolitos de origen adrenal y testicular como la estrona, el estradiol, progesterona e inhibina B. El primer signo puberal es el aumento del tamaño testicular, el cual, en la etapa prepuberal tiene 1 a 3cc de volumen y menos de 2.5cm de longitud. Cuando su volumen y longitud es mayor el niño está en la etapa puberal, lo cual es estimulado por las gonadotropinas. En los niños el inicio de la pubertad lo marca el incremento del volumen testicular ( $>3\text{mL}$ ) a una edad promedio de 11.5 a 12 años y el estirón puberal se hace evidente 1 año después entre los 12,5 a 13 años (Tanner III) en el cual el volumen testicular oscila entre 12 a 15 ml y para el Tanner IV con un aspecto de adulto el volumen testicular es mayor a 15ml hasta 25ml.

La pubertad precoz se define como la aparición progresiva de signos puberales a una edad cronológica menor a 2DS, lo cual, incluye cambios genitales, aceleración del crecimiento y de la edad ósea, estos cambios pueden presentarse entre los 8 y 9 años en niñas y entre los 9 y 10 años en varones (Molina, 2009). Tanto en hombres como mujeres el crecimiento cesa en promedio a una edad entre 17 y 21 años. Para evaluar en los niños su estado puberal se ha usado en diferentes poblaciones la escala Tanner, sin embargo, esta no describe el tamaño de los testículos (Mrug, 2008). Por lo cual es necesario medir en el niño el tamaño testicular con un orquidómetro de prader.







Gráfico1.Escalas Tanner en niñas (Molina T. 2009)

		<b>Estadio 1.</b> Pecho infantil, no vello púbico.
		<b>Estadio 2.</b> Botón mamario, vello púbico no rizado escaso, en labios mayores.
		<b>Estadio 3.</b> Aumento y elevación de pecho y areola. Vello rizado, basto y oscuro sobre pubis.
		<b>Estadio 4.</b> Areola y pezón sobreelevado sobre mama. Vello púbico tipo adulto no sobre muslos.
		<b>Estadio 5.</b> Pecho adulto, areola no sobreelevada. Vello adulto zona medial muslo.

Tomado de Tanner 1962.

Gráfico 2. Escalas de Tanner en niños. (Molina T. 2009)

	<b>Estadio 1.</b> Sin vello púbico. Testículos y pene infantiles.
	<b>Estadio 2.</b> Aumento del escroto y testículos, piel del escroto enrojecida y arrugada, pene infantil. Vello púbico escaso en la base del pene.
	<b>Estadio 3.</b> Alargamiento y engrosamiento del pene. Aumento de testículos y escroto. Vello sobre pubis rizado, grueso y oscuro.
	<b>Estadio 4.</b> Ensanchamiento del pene y del glande, aumento de testículos, aumento y oscurecimiento del escroto. Vello púbico adulto que no cubre los muslos.
	<b>Estadio 5.</b> Genitales adultos. Vello adulto que se extiende a zona medial de muslos.

Tomado de Tanner 1962.

## 2.6 NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA

En el niño la actividad física se define como cualquier movimiento producción por los músculos esqueléticos, el cual produce un gasto energético por encima de la tasa metabólica basal (TMB (Aranceta, 2006). Respecto a la intensidad, refleja la velocidad a la cual se realiza la actividad o la magnitud del esfuerzo que exige un ejercicio o actividad, el cual puede variar para cada individuo, puesto que esto depende de la condición física. Se calcula que el consumo calórico es unas 3 a 6 veces mayor (3-6 MET) cuando se realiza una actividad de intensidad moderada, y más de 6 veces mayor (> 6 MET) cuando se realiza una actividad vigorosa (OMS, 2014)

la valoración de la actividad física integración ejercicios y actividades que promueven el movimiento del cuerpo a través del juego, la actividad escolar, las tareas del día a día, recreación, ocio y tiempo libre. la cantidad de actividad física recomendada para niños es de 60 minutos diarios al menos, lo cual se ha asociado a un mejor desarrollo físico y emocional y un factor indispensable en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles, osteomusculares y psicológicas.

### 2.6.1 Cuestionario de Nivel de Actividad Física Para Niños IPAQ-C

La evaluación de la actividad física puede ser medida a través del cuestionario de Actividad Física IPAQ-C para escolares menores de 14 años, este es un cuestionario autoadministrado, diseñado para medir la actividad física moderada a vigorosa en niños y adolescentes realizada en los últimos 7 días, consta de 10 Preguntas, nueve de las cuales permiten calcular el nivel de actividad y el otro ítem evalúa si alguna enfermedad u otro acontecimiento impidió que el niño realice sus actividades regulares en la última semana. el resultado de cada ítem da un valor de 1 a 5, siendo las puntuaciones más altas las que indican una mayor actividad.

El PAQ-C en su versión original ha demostrado una buena consistencia interna, fiabilidad test-re-test, y se ha demostrado que se correlaciona con otros instrumentos que miden la actividad física como el Athletic competence, teachers' rating of physical activity, fitness assessed, y actividad física valorada por acelerómetro. (Martinez, 2009)

Este instrumento ha sido considerado por la OMS como instrumento para la vigilancia epidemiológica y permite de manera general medir el nivel de actividad física en el niño en una semana durante el periodo escolar, pero no proporciona una estimación del gasto calórico, el tiempo o la intensidad de la actividad física (Anexo 3).

### **3 OBJETIVO GENERAL**

Explorar el comportamiento de variables bioquímicas y de composición corporal, y determinar la correlación entre estas variables en niños normopeso entre 6 y 10 años durante el rebote adiposo.

#### **3.1 Objetivos específicos**

- 2.1.1 Caracterización de los sujetos del estudio.
- 2.1.2 Explorar el comportamiento de variables bioquímicas (insulina glicemia, leptina) y antropométricas (IMC, porcentaje de grasa corporal y perímetro de la cintura y cadera), en niños normopeso entre 6 y 10 años durante el rebote adiposo.
- 2.1.3 Estudiar la correlación entre las variables bioquímicas y antropométrica por sexo en niños normopeso entre 6 y 10 años durante el rebote adiposo.

## 4. METOLOGÍA GENERAL

### 4.1 TIPO DE ESTUDIO

Este es un estudio prospectivo de corte transversal analítico en el que se explora la correlación de variables bioquímicas y antropométricas en niños durante el rebote adiposo. (Manterola C. 2014), (Vandenbroucke J. P 2009)

### 4.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA

De una población de niños saludables entre 6 y 10 años con peso y talla normal para la edad, escolarizados en instituciones de educación básica primaria de la ciudad de Santiago de Cali, se seleccionó una muestra por conveniencia entre octubre de 2017 y marzo de 2018, de tres instituciones de carácter privado y tres de carácter público, teniendo en cuenta un IMC con Puntaje-Z entre -1 desviación estándar (DS) y menor a +1DS. ( $>-1DS <+1DS$ ).

El cálculo del tamaño de la muestra se basó en la necesidad de establecer la relación funcional entre una variable dependiente ( $Y$ ) con una variable independiente ( $X$ ). Para esto, plantearemos una relación funcional de la forma

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i$$

De la cual se asume que  $e_i$  es un error aleatorio no observable con distribución normal, cuya media es cero y su varianza es  $\sigma^2$  para cada individuo  $i$ .

Inicialmente, se buscó establecer la relación funcional entre la Leptina, la Insulina y el IMC con la Edad. El objetivo fue conocer la forma de la función de cada una de las variables entre un rango de edad específico. Se usó para el cálculo de los tamaños de muestra, la información obtenida de la revisión bibliográfica presentada en la sesión anterior. Se utilizó un nivel de significancia (probabilidad de error tipo I) de  $\alpha = 0.05$ .

El objetivo principal fue obtener el cálculo de la potencia de la prueba de significancia del modelo planteado, utilizando como distribución de referencia la Función de Distribución Acumulada F-No centrada la cual está definida como:

$$F(x|d_1, d_2, \lambda) = \sum_{j=0}^{\infty} \left( \frac{\left(\frac{1}{2}\lambda\right)^j}{j!} e^{-\frac{\lambda}{2}} \right) I\left(\frac{d_1 F}{d_2 + d_1 F} \middle| \frac{d_1}{2} + j, \frac{d_2}{2}\right)$$

Donde  $d_1$  y  $d_2$  son los grados de libertad del numerador y el denominador y  $\lambda$  es el parámetro de no centralidad,  $F$  es el valor de la  $F$  de Fisher y la función  $I$  es la función beta incompleta inferior regularizada. En este caso, el **Parámetro de no centralidad de la distribución F no centrada** se establece como:

$$\lambda = f^2 n$$

Donde  $f^2$  es el tamaño del efecto y  $n$  es el tamaño de la muestra y el **Tamaño del efecto  $f^2$  de Cohen para una prueba F** está dado por

$$f^2 = \frac{R^2}{1 - R^2}$$

Donde  $R^2$  es el cuadrado del coeficiente de correlación múltiple entre la variable dependiente y la variable independiente.

La **Función de distribución aculada F**, puede ser expresada como:

$$F(x; d_1, d_2) = I_{\frac{d_1 x}{d_1 x + d_2}}(d_1/2, d_2/2)$$

Donde  $d_1$  y  $d_2$  son los grados de libertad y la función  $I$  es la **Función Beta incompleta inferior regularizada**.

$$I_x(a, b) = \frac{B(x; a, b)}{B(a, b)}$$

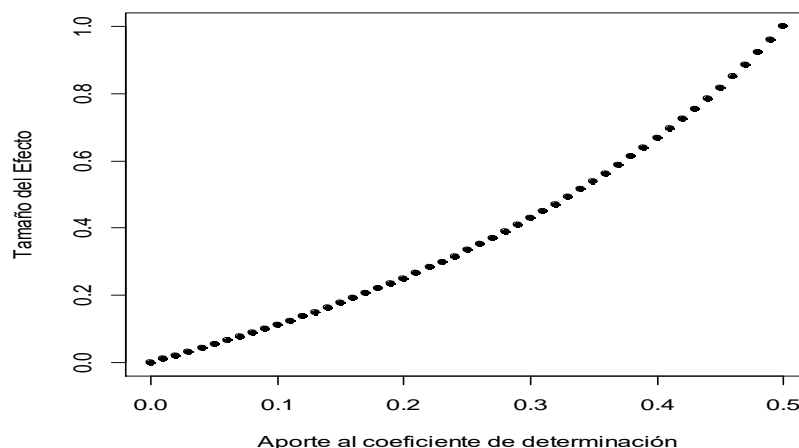
Donde el numerador es la **Función Beta Incompleta Inferior**

$$B(x; a, b) = \int_0^x t^{a-1} (1-t)^{b-1} dt$$

Y el denominador es la **Función Beta**

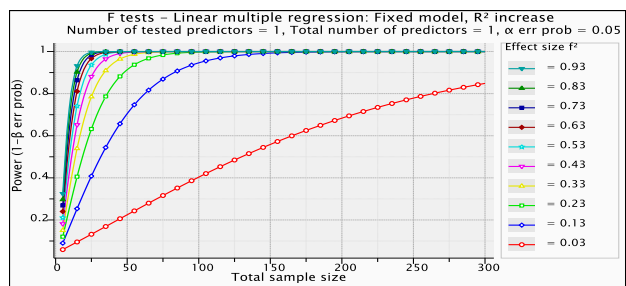
$$B(x, y) = \int_0^1 t^{x-1} (1-t)^{y-1} dt$$

Para el cálculo del tamaño de muestra, se debe establecer el tamaño del efecto que depende directamente, del aporte de la variable Edad al comportamiento de la variabilidad de cada una de las variables dependientes. Para esto se tomó la información reportada por Maskin de Jensen et al (2011) en el cual se presenta un coeficiente de determinación en el grupo control de 0.0289 en hombres y 0.5184 en mujeres para la explicación de la Leptina en función de la Edad. En este sentido, como se puede observar en la **Figura 1**, el tamaño del efecto varió entre los 0.03 y 1.0.



**Gráfica 4.** Comportamiento del tamaño del efecto para diferentes niveles del coeficiente de determinación.

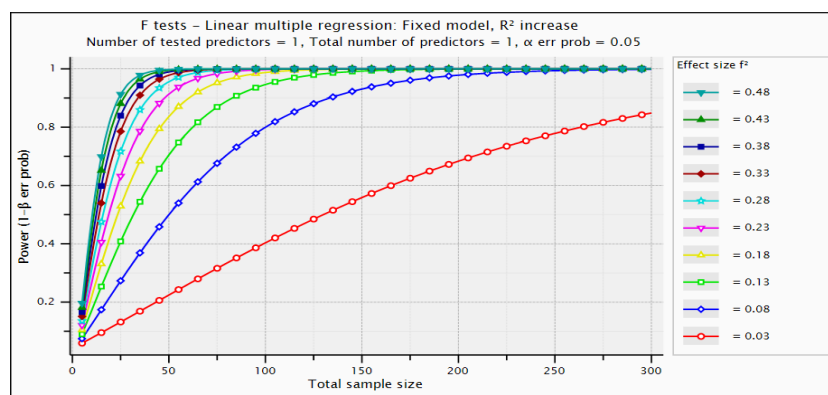
En la **Figura 2**, se muestra el cálculo de las funciones de potencia en diferentes tamaños de muestra para diferentes valores del tamaño del efecto. Se puede observar que, con un tamaño de muestra mínimo de 80, se puede esperar obtener una potencia de 0.8 si se espera un aporte a la explicación de la variabilidad total de la Leptina mínimo del 0.1150.



**Gráfica 5.** Estimación de potencia en el contraste de hipótesis para un modelo lineal múltiple como función del tamaño de muestra para la relación entre la Leptina y la Edad

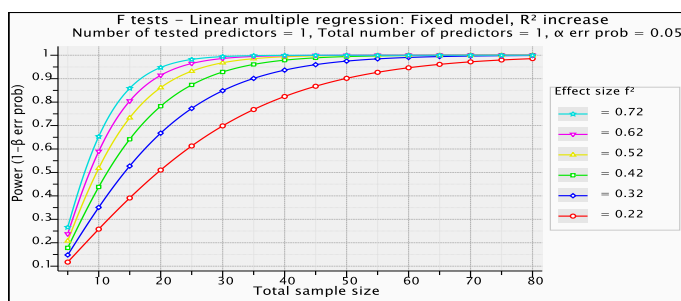
En los estudios de Llorente-Cantarero (2013) y Blüher, Susann, et al. (2014), se evaluó la relación funcional entre la Insulina y la Leptina. Se encontró un coeficiente de determinación que varió entre 0.0289 y 0.325, obteniéndose un efecto que va entre 0.03 y 0.48. La **Figura 3** muestra las curvas de potencia en función del tamaño de muestra para diferentes tamaños de efecto. Según se puede apreciar, un efecto

de 0.13 permitiría detectar una relación significativa entre la Insulina y la Leptina del 0.10 con un tamaño de muestra de 65 individuos para asegurar una potencia del 0.8.



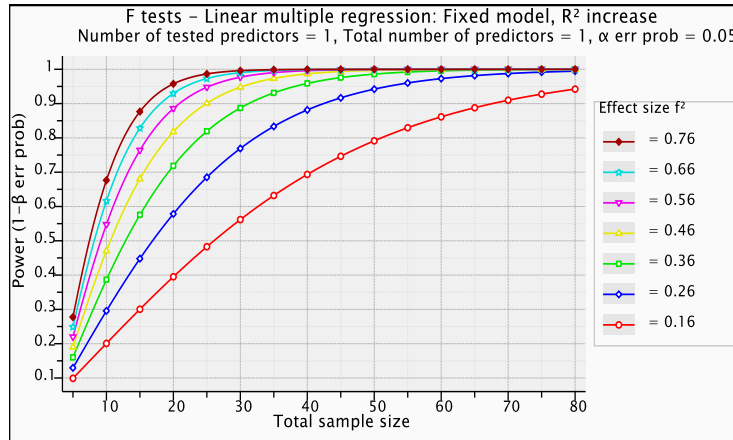
**Gráfica 6.** Estimación de potencia en el contraste de hipótesis para un modelo lineal múltiple como función del tamaño de muestra para la relación entre la Insulina y la Leptina.

En las gráficas 4, 5 y 6 se evalúa la relación del IMC con la Insulina, la Leptina y la Edad. En los estudios realizados por Blüher, Susann, et al. (2014), Castaño, G. et al. (2015), Maskin A. et al. (2011) y MF Rolland-Cachera (2011), se puede observar que la relación de estas variables con el IMC es bastante fuerte, mostrando que para la Insulina varía entre 0.18 y 0.416, para la Leptina entre 0.1369 y 0.4225 y para la Edad entre 0.60 y 0.66 los cuales permite obtener unos tamaños de efecto lo suficientemente grande para conseguir potencias superiores a 0.8 con tamaños de muestra inferiores a 40 individuos. En cuanto al porcentaje de grasa, Freedman et al., (2004 y 2005) reportan una fuerte asociación entre el IMC y el porcentaje de grasa superior al 0.60, los cuales permiten obtener tamaños de muestra inferiores a 20 individuos.

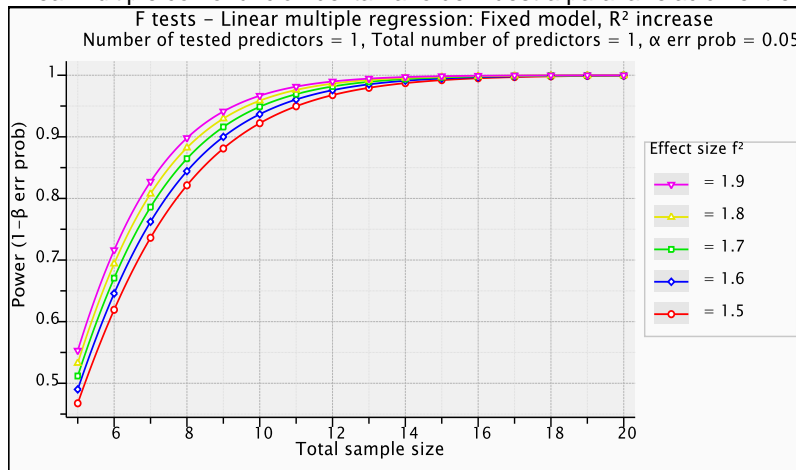


**Gráfica 7.** Estimación de potencia en el contraste de hipótesis para un modelo lineal múltiple como función del tamaño de muestra para la relación entre la Insulina y el IMC.

**Gráfica 8.** Estimación de potencia en el contraste de hipótesis para un modelo lineal múltiple como función del tamaño de muestra para la relación entre la Leptina y el IMC.



**Gráfica 9.** Estimación de potencia en el contraste de hipótesis para un modelo lineal múltiple como función del tamaño de muestra para la relación entre el IMC



Finalmente, siguiendo los resultados del análisis de la potencia que se espera obtener en los estudios de relación entre las diferentes variables tomadas en consideración, se podría esperar una potencia mínima del 80% si se trabaja con una muestra total de 80 individuos para el ajuste de la relación funcional entre dos variables aleatorias, para lograr mayor robustez en el análisis estadístico se alcanzó una muestra de 110 sujetos.



## **4.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN**

### **4.3.1 Criterios de Inclusión**

- Niños que estén matriculados como estudiantes regulares de las instituciones educativas públicas o privadas de la ciudad de Cali.
- Niños que acepten participar en el estudio y que su acudiente firme el consentimiento informado de manera libre y voluntaria, siguiendo las recomendaciones de Helsinki.
- Niños del género femenino y masculino entre 6 a 10 años, que tengan un IMC de puntaje-Z entre -1DS y +1DS.
- Niños que se encuentren en el estadio de madurez sexual Tanner I.
- Niños saludables, sin alteraciones patológicas documentadas (físicas, mentales o cognitivas), que impidan tomar una muestra de sangre venosa o realizar las mediciones antropométricas.
- Niños que no estén realizando un tratamiento para el control de peso o para alguna alteración metabólica o del crecimiento.
- Niños que no estén vinculados a un programa de entrenamiento deportivo.
- Sujetos que presenten valores de proteína c reactiva cuantitativa, menor a 3  $\mu$ U/ml

### **4.3.2. Criterios de Abandono**

- Solicitud verbal o por escrito del participante o su acudiente, de ser excluido del estudio.
- Desvinculación del colegio.
- Enfermedad o lesión que le impidan realizar las pruebas de composición corporal y bioquímicas.

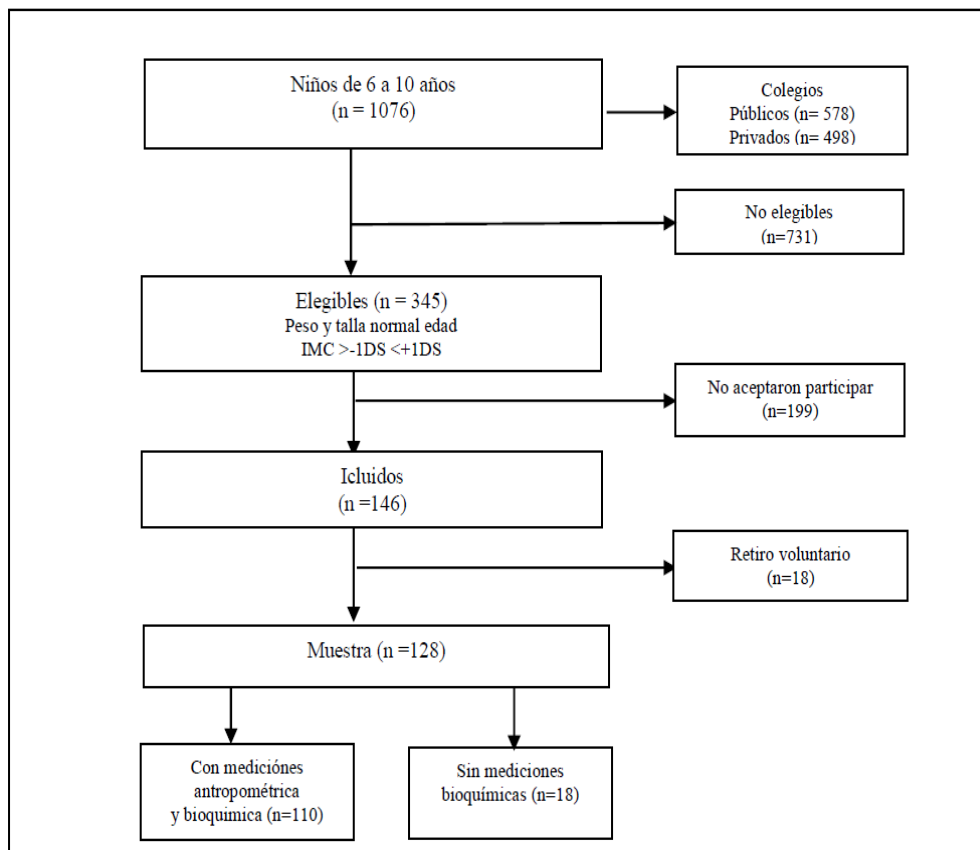
## 4.4 TABLA DE VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

**Tabla 3. Variables del estudio y operacionalización**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	OPERACIONALIZACIÓN	INSTRUMENTO
VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS			
Género	Hombre / mujer	Hombre 1	Encuesta de caracterización de la muestra (Anexo 2)
		Mujer 2	
Edad	No. Años cumplidos	6 a 10 años	
Estrato socioeconómico	Nivel de clasificación de la población de acuerdo con el grado de riqueza y calidad de vida	Estrato de 1 a 6	Antecedentes clínicos y farmacológicos
Escolaridad del niño	Curso escolar aprobado	De 4 a 6 grado	
Escolaridad del padre	Nivel de escolaridad alcanzado.	Bachiller	Información sociodemográfica
Escolaridad de la madre		Técnico Profesional	
Régimen de salud	Tipo de vinculación al Sistema General de Seguridad Social en Salud	Contributivo o subsidiado EPS	Cuestionario de actividad física para niños (IPAQ-C)
ACTIVIDAD FÍSICA EN EL NIÑO			
Nivel de actividad física	Actividad física realizada en los últimos 7 días		
PRUEBAS BIOQUÍMICAS			
Proteína C reactiva (PCR)	Proteína de fase aguda, presente en sangre, cuando hay infección o inflamación	mg/L	Registro de marcadores bioquímicos (Anexo 4)
Insulina	Hormona producida el páncreas	mU/L	
Leptina	Hormona producida por lo adipocitos.	ng/mL	
Glicemia	Fuente de energía para las células del cuerpo	mg/dL	
VARIABLES DE COMPOSICIÓN CORPORAL			Composición corporal (Anexo 3)
Peso	Fuerza gravitatoria ejercida sobre el cuerpo humano	Kg	Bacula
Talla	Medida de la estatura desde los pies hasta el techo de la bóveda del cráneo	Metros, centímetros	Tallímetro
Índice de masa corporal IMC	Índice del peso sobre el cuadrado de la superficie corporal	Kg/m²	
Puntuación -Z	distancia a la que se encuentra un individuo determinado del centro de la distribución normal del IMC/Edad	-1DS*** +1DS	indicadores de crecimiento OMS
Circunferencia de la cintura	Perímetro de la cintura en cm	cm	Metro
Circunferencia de la cadera	Perímetro de la cadera en cm	cm	Metro
Pliegues cutáneos (subescapular y tríceps)	Medida de grasa subcutánea que permite estimar el porcentaje de grasa corporal	mm	Plicómetro tipo Harpenden Cinta métrica Rotulador
Composición corporal por Impedanciometría Bioeléctrica	Contenido de masa grasa corporal	%	Camilla portátil en madera Impedanciometro Bioeléctrico
	Contenido tejido adiposo corporal		
	Contenido de agua corporal		
Desarrollo puberal	Valoración de madurez sexual respecto al desarrollo de las mamas, el pene y el vello púbico	Etapas: 1 al 5	Escala Tanner (Anexo 2)
Unidades de medida para: Insulina: microunidades por litro (mU/L), Leptina: nanogramo por mililitro (ng/mL), Glicemia: miligramos por decilitro (mg/dl), PCR: miligramo por litro (mg/L), (DS): desviación estándar, Kg: kilogramos, cm: centímetros, Kg/m²: kilogramo por metro cuadrado, EPS: empresa prestadora de salud.			

## 4.5 DISEÑO DEL ESTUDIO

Gráfica 3. Diseño del estudio



## **4.6 PROCEDIMIENTOS**

### **4.6.1 Prueba piloto**

Se realizó una prueba piloto a 5 sujetos con edades correspondientes a las del estudio, quienes pertenecían al programa de crecimiento y desarrollo, de la institución prestadora de salud (IPS) Comfandi. La prueba se desarrolló siguiendo los procedimientos de medición propuestos en el estudio.

Esta prueba permitió realizar los respectivos ajustes en la formulación de preguntas realizadas a los padres, formatos de registro y plantilla de base de datos. Adicionalmente se calcularon los tiempos de cada procedimiento y se planeó el número de sujetos para las mediciones diarias, concretar aspectos de logística y definirla estrategia para la captación de los participantes.

### **4.6.2 Selección de los participantes**

Después de obtener el aval del Comité Institucional de Revisión de Ética Humana (CIREH), de la Universidad del Valle y la respectiva autorización de cada institución educativa básica primaria, 3 privadas (Colegio Coomeva, Colegio Lois Andes, Colegio Bilingüe Ágora de Cali) y 3 públicas (Colegio Alfonso López Pumarejo sede Rafael Pombo y Purificación, Institución Educativa Técnico Industrial comuna 17, sede Luis Carlos Rojas), se realizó la medición del peso y la talla a 1076 niños entre 6 a 10 años matriculados en la primaria de estas instituciones. De este grupo fueron seleccionados 345 niños con peso y talla normal para la edad e IMC con puntaje-Z entre -1DS y +1DS, quienes fueron invitados a participar en el estudio.

A los padres de estos niños se les envió el consentimiento y asentimiento informado (anexo-1), que incluía el objetivo del estudio, las mediciones de antropometría y las mediciones en sangre. Se les informó además que la información obtenida sería manejada de manera confidencial y que la participación era voluntaria, que el niño tenía la libertad de retirarse del estudio en el momento que lo considerare necesario, y que por su participación no tendría compensaciones. Se aclaró que, en caso de encontrar algún resultado anormal, los padres y los niños serían informados y remitidos a su EPS para chequeo y seguimiento médico. Estos consentimientos fueron aceptados y firmados por 132 participantes.

### **4.6.3 Medición de Variables**

Se estableció comunicación telefónica con los padres de los 132 sujetos que aceptaron participar en el estudio una semana antes de la medición, para aclarar dudas y explicarles los objetivos del estudio, los procedimientos de medición (prueba bioquímica en sangre, mediciones antropométricas y el análisis de composición corporal por bioimpedancia eléctrica). A través de esta comunicación se diligenció una encuesta obteniendo datos de identificación, antecedentes clínicos, sociodemográficos y de actividad física del niño. Posteriormente se les comunicó a los padres sobre la citación del niño para la prueba en sangre y sobre las recomendaciones previas a la prueba como: ayuno de 12 horas, no haber realizado ejercicio en las 24 horas anteriores, llevar ropa ligera (pantalóneta y camisilla) para las mediciones antropométricas. Se aclaró que las pruebas se realizarían en un recinto cerrado respetando la privacidad del niño y en presencia de la investigadora principal y un asistente. Se invitó a los padres y/o acudientes a acompañar al niño durante las pruebas. Sobre toda esta información se hizo énfasis el día anterior de la prueba a través de llamada telefónica y mensaje de texto.

#### **4.6.3.1 Medición de variables antropométricas**

En cada colegio se dispuso un espacio cerrado para realizar las mediciones, los participantes fueron citados entre las 8 y 11 de la mañana y se permitió que los niños desayunen de manera regular. 30 minutos antes de las pruebas se le pidió al niño que vaciará su vejiga. Las variables medidas fueron nivel de madurez sexual a través de la clasificación Tanner (anexo 4 y 6- POE de mediciones)

Para medir peso, talla, pliegues cutáneos y perímetros corporales se aplicaron métodos de medición estandarizados por ISAK (Anexo 6 POE de mediciones), la información fue recolectada por un fisioterapeuta certificado como antropometrista ISAK-1 para el perfil restringido. El peso fue medido con una báscula marca Seca automática modelo 761 de esfera, fuerza máxima de 150 kg, división 1000g y una precisión de 100g. La talla fue medida usando un tallímetro marca seca con graduación en centímetros y milímetros, con capacidad para medir hasta 2 metros y sensibilidad de 1 milímetro, el cual, estuvo fijo a una pared lisa sin guardaescobas, para estas dos mediciones el niño estuvo descalzo y con mínima ropa.

Para la medición de pliegues cutáneos (tricipital, bicipital subescapular, supra iliaco, pantorrilla media) y perímetros (brazo relajado y contraído, cintura, cadera y pantorrilla) se usó un plicómetro tipo Harpenden, una cinta métrica inextensible de acero flexible y rotulador, la medida registrada tuvo una aproximación de 0,1 mm, y se obtuvo dos o tres medidas no consecutivas con una diferencia de al menos 15 segundos entre ellas, registrando para las 2 mediciones la media y para las tres mediciones la mediana (Ruiz J. 2011). Para determinar el porcentaje de grasa corporal (%GC) se aplicó la ecuación de Slaughter para 2 pliegues subescapular (SE) y tricipital (TC) y se comparó con la fórmula de Weststrate y Deurenberg que incluye 4 pliegues cutáneos bicipital (BC), tricipital, subescapular, supraespal (SE).

Siguiendo el protocolo establecido para el análisis de bioimpedancia eléctrica (BIA), se pidió al niño que abrazara una columna metálica para liberar estática del cuerpo, luego acostado sobre una superficie no conductora (camilla de madera) y adoptando una postura estirada con brazos y piernas en abducción, se realizó la medición con un equipo portátil Bodystat 1500MDD de 2 hilos conductores y 4 electrodos, los cuales se colocaron 2 en cada mano y pie derechos, uno a nivel de las articulaciones metacarpofalángicas y otro entre las apófisis estiloides ulnar y radial; el tercero a nivel de las articulaciones metatarsfalángicas y el cuarto entre los maléolos lateral y medial del tobillo, emitiendo a través de dos de los electrodos, una corriente alterna imperceptible para el sujeto la cual registra diferente impedancia dependiendo del tejido, esta impedancia es incorporada a algoritmos que permiten que el equipo reporte directamente las mediciones de: porcentaje de grasa, IMC, porcentaje de tejido magro, porcentaje de agua, índice de masa grasa corporal (BFMI) e índice de masa libre de grasa (FFMI). (Anexo 5 POE para mediciones)

#### **4.6.3.2 Medición de variables bioquímicas**

Estas mediciones fueron realizadas entre las 7:00 y 8:30 de la mañana, se contó con personal entrenado para la toma de muestras de sangre de un laboratorio certificado (Laboratorios Ángel, SYNLAB Regional Suroccidente) de la ciudad del Santiago de Cali, quienes siguieron buenas prácticas de laboratorio y el protocolo establecido para el procesamiento de leptina, insulina, glicemia y proteína C reactiva ultrasensible.

Para esta prueba el niño se presentó en ayuno de 12 horas, se le explicó previamente el procedimiento y con su autorización se procedió a tomar una

muestra de sangre venosa de 10 ml a nivel del pliegue del codo, inmediatamente después se realizó presión en área de la venopunción y se cubrió, todos los niños después del procedimiento recibieron un refrigerio y un obsequio como lápiz, borrador y stickers. Se realizó registro de la fecha y hora de la extracción.

Después de obtener la muestra sanguínea esta fue repartida en 2 tubos de ensayo secos sin anticoagulante cada uno con 5ml. Estas muestras se centrifugaron a más de 1000 rpm x g, durante 15 a 20 min y posteriormente se separó el suero el cual, fue inmediatamente guardado en hielo seco, para su conservación ésta se mantuvo en refrigeración de 2-8°C por 48 horas, o congelada de -5 a -20°C por 2 semanas. La muestra de insulina fue procesada por inmunoensayo enzimático tipo sándwich a través de la técnica de quimioluminiscencia directa usando 2 tipos de anticuerpos monoclonales, para la leptina la prueba fue de inmunoensayo enzimático *in vitro* tipo sándwich usando dos anticuerpos monoclonales específicos; el análisis de la proteína C reactiva ultrasensible (PCR) se realizó por medio de un ensayo Inmuno-turbidimétrico potenciado con látex, usando el suero fresco o congelado y la glicemia fue procesada usando un reactivo de glucosa enzimática.

Los valores de referencia reportados por el laboratorio para cada prueba fueron:

Tabla 5. Valores de mediadores bioquímicos referenciados para la po

<b>Prueba de laboratorio</b>	<b>Valor de referencia (laboratorio clínico certificado)</b>
Leptina:	Hombres: 2.0 - 5.6 ng/mL
	Mujeres: 3.7 – 11,1 ng/mL
Insulina:	3.0 – 25.0 mU/L
PCR	Menor de 0.5 mg/L
Glicemia en ayunas:	Niños: 60 – 100 mg/dl

Es importante tener en cuenta que estos valores son para la población general, pero en este estudio para el análisis de las variables en la población pediátrica se tomaran los valores reportados en la literatura, reportados en el marco teórico.

## **4.7 RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS**

Todos los datos del estudio fueron recolectados por personal calificado. Con la información obtenida para cada variable, se creó la base de datos usando una hoja de cálculo con el software Office 365 – Excel. Para garantizar consistencia interna esta base de datos tuvo una segunda revisión y se hicieron las respectivas correcciones a partir de los datos registrados en los formatos de recolección. La información se guardó de forma regular en medio magnético por duplicado y solo tuvo acceso a los datos el investigador principal y el digitador. Para el análisis estadístico, en esta base de datos se reportó un código que reemplazó los datos de identificación del participante (nombre del colegio, nombre del sujeto y documento de identificación), este código incluyó la palabra: 1SO+iniciales del colegio+secuencia de la encuesta desde 001 hasta 128.

## **4.8 Análisis estadístico de los datos**

Los datos registrados en los formatos de recolección se organizaron en una hoja de cálculo con el software Office 365 – Excel, posteriormente estos datos fueron analizados con el soporte del paquete estadístico SPSS 22, construyendo tablas descriptivas para su análisis y la matriz de correlaciones. Los gráficos fueron elaborados en Microsoft Excel 2016.

Se realizó un análisis descriptivo con el fin de conocer inicialmente el comportamiento de cada una de las variables, se hicieron cálculos de medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y de dispersión (desviación estándar, coeficiente de variación, rango, mínimo y máximo). Cada uno de estos cálculos se realizó categorizando por género y por grupo de edad (6, 7, 8 y 9 años). Para conocer el comportamiento de cada variable, se realizó curva de tendencia según edad y sexo, agrupando la variable edad en 4 categorías (6 a 7 años, 7 a 8 años, 8 a 9 años y 9 a 10 años) e ilustrando por medio de gráficas con líneas discriminadas por sexo.

Con los datos individuales de edad se realizaron diagramas de dispersión (Edad Vs La variable a analizar discriminada por sexo) y por medio de una línea de tendencia ajustada por una regresión lineal simple se pudo establecer la pendiente de la recta, lo cual también permitió conocer la tendencia en el tiempo de cada una de las variables.



Para estudiar las correlaciones se utilizó el Coeficiente de Correlación de Pearson obteniendo el grado de asociación entre las variables antropométricas y bioquímicas, lo cual, que permitió saber que sucede con una variable si la otra tiene un cambio. Para medir la variabilidad que podía explicar una variable de la otra con la cual se correlacionó se utilizó el coeficiente de determinación.

Con el fin de realizar la comparación de las correlaciones entre los grupos discriminados por género, se utilizó la Q de Cohen, con la cual se realizó la transformación de los coeficientes de correlación de Pearson a coeficientes Z de Fisher, permitiendo el cálculo de los valores p, los cuales se compararon con una significancia del 5%.

## 4.9 Consideraciones éticas

Como requisito previo para dar inicio al proceso de recolección de datos, la propuesta de investigación fue sometida para su aprobación al Comité Institucional de Revisión de Ética Humana (CIREH) de la Universidad del Valle y a las directivas de las instituciones educativas que hicieron parte de la muestra de este estudio, quienes aprobaron la participación de sus estudiantes en la investigación. Luego el investigador principal brindo información a los participantes y a sus padres y/o acudientes acerca de los objetivos, riesgos mínimos y beneficios, también explicó ampliamente los procedimientos de medición y aclaró las dudas que se manifestaron. Todos los participantes y sus padres y/o acudientes firmaron el consentimiento informado y asentimiento informado (Anexo 1) antes de ser incluidos en el estudio y autorizaron la utilización de las muestras recolectadas.

Este estudio cumplió con todas las disposiciones de la Declaración de Helsinki, las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud contempladas en la **“resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud”, que de acuerdo con el artículo 11, esta investigación se clasificó como investigación con riesgo mínimo**, dado que el estudio incluyó solo la medición de variables antropométricas, de Impedanciometría bioeléctrica y la recolección de una muestra de sangre venosa. Todas estas mediciones se realizaron en niños sanos sin ningún riesgo.

La información registrada se incluyó en bases de datos digitales, protegida con clave de acceso, cuyo uso fue restringido y asequible solamente al investigador principal y un asistente quien digito la información, de esta manera, se protegió y se mantuvo

la correspondiente confidencialidad de la información. Para evitar vulnerar la identidad de los participantes en la investigación, a cada uno de ellos se les asignó un código; sus datos personales, características clínicas y los resultados de las evaluaciones fueron tratados de acuerdo con la normativa vigente de protección de los pacientes en estudios científicos. Todos los datos recopilados para la realización de este estudio podrán ser utilizados con fines de investigación solamente.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1 Caracterización de los sujetos del estudio**

#### **5.1.1 Sociodemográfica**

En esta investigación se evaluaron 128 sujetos (62 niños y 66 niñas) entre 6 y 10 años, pertenecientes a instituciones de educación básica primaria. De ellos, el 63,28% pertenecía a instituciones públicas y 36,7% a privadas. La edad de los niños se encontraba entre (6.0) y (10.0), con un promedio de 7,88años y la edad de las niñas se encontró entre (6.0) y (10.1), con un promedio 8,0 años. 89% (114 sujetos) fueron de etnia mestiza y 11% (14 sujetos) afrodescendientes. De los rangos de distribución por grupo de edad (año, mes), el grupo entre 6.0 a 6.9 fue el de mayor cantidad de sujetos (58,33%). (Tabla 6)

Del nivel de escolaridad de los participantes un 97,65% se encontró entre los grados segundo, a cuarto. Con respecto al estrato socioeconómico el 91,4% estuvo entre los estratos 2, 3 y 4, siendo el más frecuente el estrato 3 con 57% de los participantes, todos eran residentes en la ciudad de Santiago de Cali, pero con una procedencia del 81%. En esta muestra se encontró que el nivel de escolaridad de los padres más frecuente es el profesional siendo de un 73% para las madres y un 60% para los padres. (Tabla 7)

#### **5.1.2 Actividad física**

A través del cuestionario Internacional de Actividad Física para niños (IPAQ-C), se indagó el nivel de actividad física de los participantes, encontrando que 63 niños (49,21%) tienen nivel sedentario y solo 13,28% mantienen un nivel activo. Se indagó además las horas/día utilizadas en ver televisión, encontrando que 71.09% de los participantes dedican entre 1 y 4 horas diarias en esta actividad. Mientas que un (39,84%) realizan algún tipo de actividad física después del colegio. (tabla 8)

Tabla 7. Características generales por estrato socioeconómico y escolaridad de los padres						
Localización de los niños del estudio por estrato socioeconómico y escolaridad de los padres						
n=128						
Estrato (n=128)	n (%)	Ciudad de Origen	%(n)	Escolaridad de los Padres %(n)		
					Madre	Padre
1	0,007%(2)	Cali	104 (81,25)	Primaria	3,9%(5)	2,34%(3)
2	21,09%(27)	Otra ciudad	19 (14,84)	Secundaria	29,68%(38)	35,15%(45)
3	44,53%(57)	Otro pais	5 (3,9)	Técnico	3,9%(5)	2,34%(3)
4	25,78%(33)			Profesional	57,03%(73)	46,87%(60)
5	6,25%(8)			Sin Reporte	5,46%(7)	13,28%(17)
6	0,007%)			-		

Tabla 8. Característica de actividad física de los niños del estudio					
Actividad Física					
n(51)		n=128			
Practica Deportiva %(n)		Nivel de Actividad Fisica IPAQ-C %(n)		Horas de Televisión/Día %(n)	
Futbol	43,13%(22)	1	2,34%(3)	< 1h	14%(18)
Natación	25,4%(13)	2	49,21%(63)	1 y 2h	43,75%(56)
Patinaje	17,64%(9)	3	35,15%(45)	2 y 4h	27,34%(35)
Karate	15,68%(8)	4	13,28%(17)	>4 h	14%(18)
Otros	13.72%(7)				

IPAQ-C:cuestionario de actividad física en niños, niveles de actividad física: 1: Muy sedentario, 2: Sedentario, 3, moderadamente activo, 4: Activo .

Tabla 6. Características generales sociodemográficas

Características Generales de los Niños del Estudio (n=128)							
Edad	n (total)	Niños		Niñas		Raza	
		%(n)	Media(DS)	%(n)	Media(DS)	Mestiza %(n)	Negra %(n)
6 a 10	128	48,43%(62)	7,7 (1,25)	51,56%(66)	8 (1,25)	89% (114)	11%(14)
(6,0 - 6,9)	36	58,33%(21)	6,38	41,66%(15)	6,32		
(7,0 - 7,9)	28	42,85%(12)	7,35	57,14%(16)	7,38		
(8,0 - 8,9)	30	46,66%(14)	8,41	53,33%(16)	8,30		
(9,0 - 10,1)	34	44,11%(15)	9,44	55,88%(19)	9,57		
<b>Institución</b>							
Pública	81	48,14%(39)		51,85%(42)		86,4% (70)	13,6%(11)
Privada	47	48,93%(23)		51,06%(24)		89,4% (42)	10,6% (5)
<b>Escolaridad</b>							
Transición	1	100%(1)	6,0	-	-		
Grado 1	36	52,77%(19)	6,6	47,22%(17)	6,5		
Grado 2	28	53,57%(15)	7,1	46,42%(13)	7,4		
Grado 3	25	48%(12)	8,4	52%(13)	8,3		
Grado 4	33	39,4%(13)	9,3	60,6%(20)	9,0		
Grado 5	5	40%(2)	9,7	60%(3)	10,1		

Las medidas se presentan en: Promedio (M) y desviación estándar(DS), la edad como año y mes.

### 5.1.3 Antecedentes Clínicos

Respecto al peso y talla al nacer, se observó que en el 57% (n=73) de los participantes, que le 91.78% de los niños eran de peso normal y 80 % tenían talla normal. En esta muestra se identificó baja frecuencia de alteraciones patológicas tanto prenatales como perinatales y relacionadas con antecedentes maternos (Tabla 9). También se investigó en el 100%(n=128), si a lo largo de la infancia tuvieron algún trastorno nutricional, encontrando que 0,007%(n=1) fue diagnosticado con desnutrición antes de los 3 años, 4,68% (6) con sobrepeso y 5,46% (7) clasificados como mayor talla para la edad; sin embargo, todos los sujetos al momento de la evaluación cumplieron con los criterios de inclusión. (Tabla 10).

Tabla 9. Características antropométricas de natalidad					
Características antropométricas de natalidad, Peso (n=73) Talla (n=65) al Nacer					
Peso (g)	%(n)	Peso (M)	Talla (cm)	%(n)	Talla (M)
Menor Peso <2400g	6,84%(5)	1814g	Talla baja (< 45,5)	4,61%(3)	44,66
Peso Normal (2400g - 4300g)	91,78%(67)	3242g	Talla normal (45,5 -53,5)	80%(52)	50,26
Mayor Peso >4300g	1,87%(1)	4800g	Talla alta (>53,5)	15,38%(10)	55,3

g: gramo cm: centímetro, el peso y la talla esta expresado como el valor de media

Tabla 10. Antecedentes de clínicos							
Antecedentes Patológicos (n=128)							
Recien Nacido	%(n)	Materno	%(n)	Antecedente Nutricional	%(n)	Patologías	%(n)
Prematurez	3,12%(4)	Amenaza de Aborto	4,68%(6)	Desnutrición	0,007%(1)	Alergias Sistema Respiratorio	10,1%(13)
Ictericia	3,12%(4)	Diabetes Gestacional	3,12%(4)	Sobrepeso	4,68%(6)	Reflujo	0,007%(1)
Problemas respiratorios	2,34%(3)	Placenta Previa	0,007%(1)	>Talla/Edad	5,46%(7)	otros	1,56%(2)

## 5.2 Comportamiento de variables antropométricas y bioquímicas

### 5.2.1 Antropométricas

Para el análisis de variables antropométricas inicialmente se seleccionaron sujetos con Tanner-I, lo cual nos permitió seleccionar niños que no estuvieran, cursando con cambios hormonales asociados con el inicio de la pubertad. Posteriormente se seleccionaron a 128 participantes, quienes se encontraron entre (6.0) y (10.1), con un promedio de 7,88 para edad y entre (112) y (142), con un promedio de 126 para la talla, la distribución de niños y niñas fue similar. Por grupos de edad se observó que las variables de talla, peso, edad, IMC, porcentaje de grasa y perímetros, presentaron un incremento respecto a la edad. (tabla 11)

Teniendo en cuenta los promedios de peso y talla por grupo de edad, se encontró un incremento en kilogramos entre los niños de 6 y 7 años fue de 1,1kg, para los de 7 a 8 años fue de 3,25 kg y para los de 9 a 10 años fue de 3,97, que en total es de 8,34 kg, lo cual equivale a 2,08kg por año. De la misma manera incremento de la talla por grupo de edad fue de 3,3 cm, 5,5 cm y 6,9 cm respectivamente, que en total es de 15,7cm, que correspondería a un incremento de 3,93cm por año. (Tabla 11)

Se observó que la medida de perímetro de cintura y de cadera fue aumentando en los grupos de edad. El valor de media para el ICT fue 0,45 y el ICC y el ICC fue de 0,85, ambos índices no presentaron cambios respecto a la edad. Al evaluar el puntaje z promedio para las variables, peso, talla e IMC estos estuvieron entre  $>-1DS$  y  $<+1DS$ . se observó que en la talla que el valor medio tuvo una tendencia negativa en -0,11 (0,54ds), lo cual puede estar afectado dado que la talla se ubicó en promedio en el percentil 46,07 (19,32). El percentil promedio para peso fue de 53.52 (0,62ds). Para IMC la media fue de 0,12 (0,75ds) y se ubicó en el percentil 56,79 (25,65ds). las mediciones realizadas se tuvo un error técnico de medición (EM) para el pliegue cutáneo tricipital de 2,08% y para el subescapular de 2,52%, ambos, aceptados al aplicar la medición a través de la ecuación de Slaughter et al 1998, ( $<3,8\%$ ). Esta información permite ver que los sujetos tuvieron medidas dentro de la normalidad y muy cercanas al p50. De acuerdo con la clasificación del IMC todos los niños tuvieron IMC entre 15 y 20 para una clasificación de normopeso. Mientras en las niñas 51 tuvieron IMC de 15 a 25 para normopeso y 15 niñas presentaron IMC entre 13 y 15 clasificando como baja adiposidad.

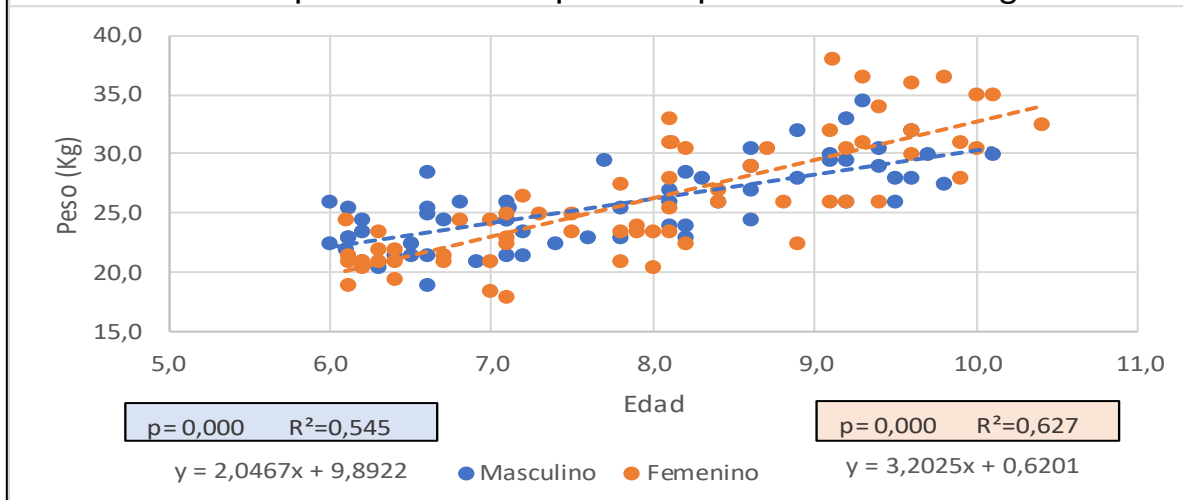
Tabla 11. Variables antropométricas de los niños del estudio respecto a la edad											
Carcterística de Variables Antropométricas											
(n=128)	Edad	Niños	Niñas	Talla	Peso	IMC	% Grasa Slaughter	Perímetro de Cintura	Perímetro de Cadera	Pliegue Tricipital	Pliegue Subescapular
Muestra	7,88 (1,25)	n=62	n=66	126(7,16)	26,02(4,36)	16,23(1,53)	20,58(4,53)	56,75(3,84)	66,24(5,10)	10,40 (3,30)	6,75(2,01)
Niños	7,76 (1,25)	-	-	125(6,73)	25,43(3,76)	16,0(1,30)	18,69(3,83)	56,55(3,76)	65,07(4,45)	9,24(2,74)	6,28(1,81)
Niñas	8,0 (1,25)	-	-	126(7,58)	26,58(4,82)	16,46(1,70)	22,36(4,43)	56,95(3,94)	67,33(5,46)	11,54(3,42)	7,19(2,19)
Rango de Edad											
6.0 - 6.9 (36)	6,36	21	15	119,07(2,95)	22,54(2,17)	15,83(1,34)	18,6(3,29)	54,78(3,39)	62,26(2,86)	8,93(2,23)	6,05(1,56)
7.0 - 7.9 (28)	7,36	12	16	122,40(4,32)	23,66(2,45)	15,76(1,35)	20,37(4,16)	55,32(3,20)	64,36(3,71)	10,33(2,86)	6,56(1,82)
8.0 – 8.9 (30)	8,35	14	16	127,90(4,33)	26,91(3,19)	16,39(1,59)	20,43(4,34)	57,49(3,59)	67,19(4,04)	10,22(3,249)	6,68(1,72)
9.0 - 10.4 (34)	9,52	15	19	134,87(2,99)	30,88(3,36)	16,92(1,59)	22,88(5,21)	59,37(3,39)	71,17(4,46)	12,18(3,829)	7,75(2,48)
Puntaje Z	-	-	-	-0,11(0,54)	0,09(0,62)	0,12(0,759)	-	-	-	-	-
ETM%				0,05	0,00	-	-	0,79	0,3	2,08	2,52

los resultados estan expresados en media (DS), la edad correspond e a año,mes, los perímetros en centímetros, % Grasa cd Slaughter medico con pliegues cutáneos tricipital y subescapular, medida de pliegues cutpaneos en milímetros. ETM%: error técnico de medición en porcentaje se acepta menor de 3,5%.

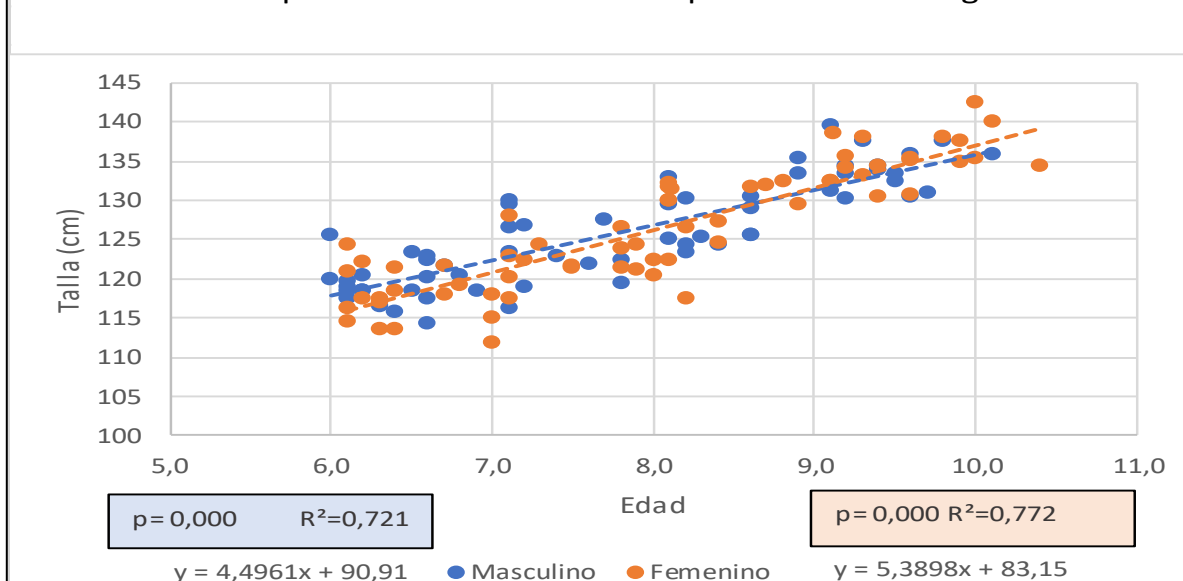


En la regresión lineal se encontró que el peso y la talla respecto en los grupos de edad estudiados, tuvo incrementó significativos en niñas y niños, mostrando una pendiente mayor en niñas, estos incrementos de peso están influenciado por la edad en un 62% para niñas y en 54% en los niños, mientras que en el incremento de talla la edad influye en un 77% en niñas y en un 72% en niños (Graficas 10 Y 11)

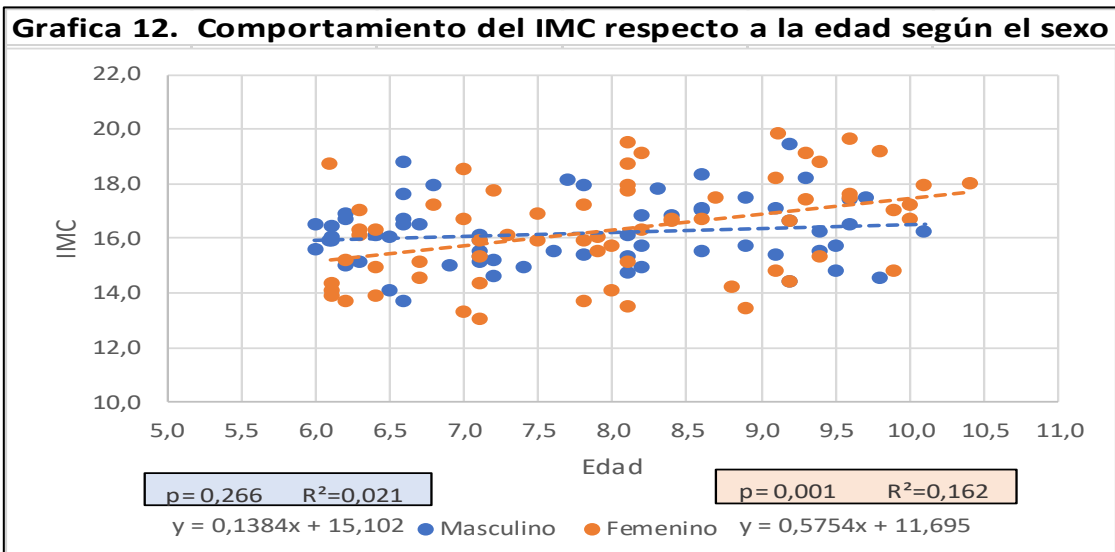
**Grafica 10. Comportamiento del peso respecto a la edad según el sexo**



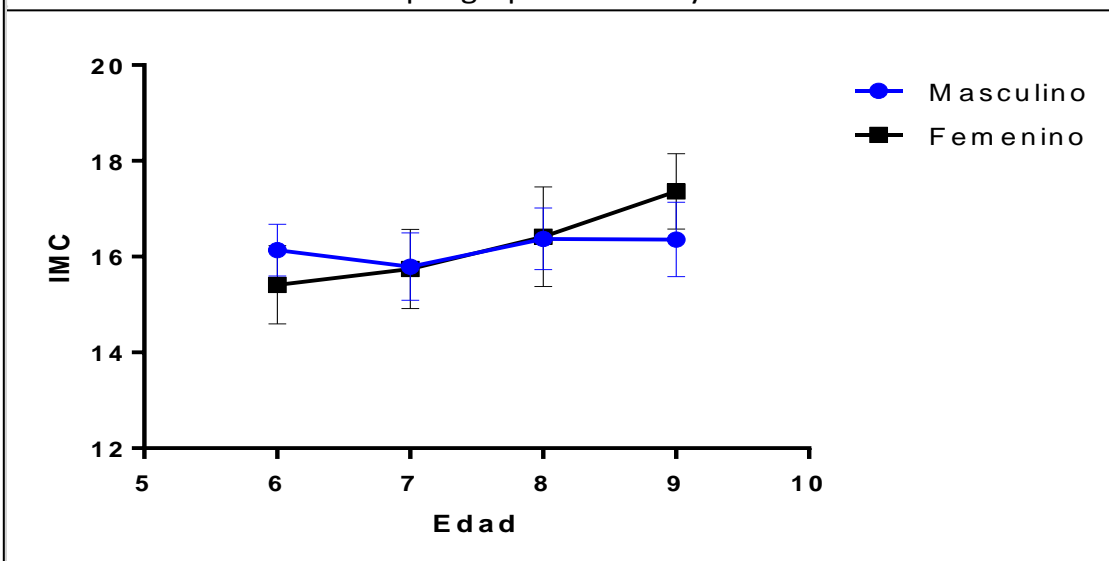
**Gráf. 11. Comportamiento de la talla respecto a la edad según el sexo**



En la regresión para el IMC con la edad se observó que el incremento de esta variable fue significativo en las niñas y este cambio estuvo influenciado por la edad en un 16%. Mientras que en los niños el incremento no fue significativo y el valor de esta variable tendió a mantenerse estable. (Gráficas 12y 13)

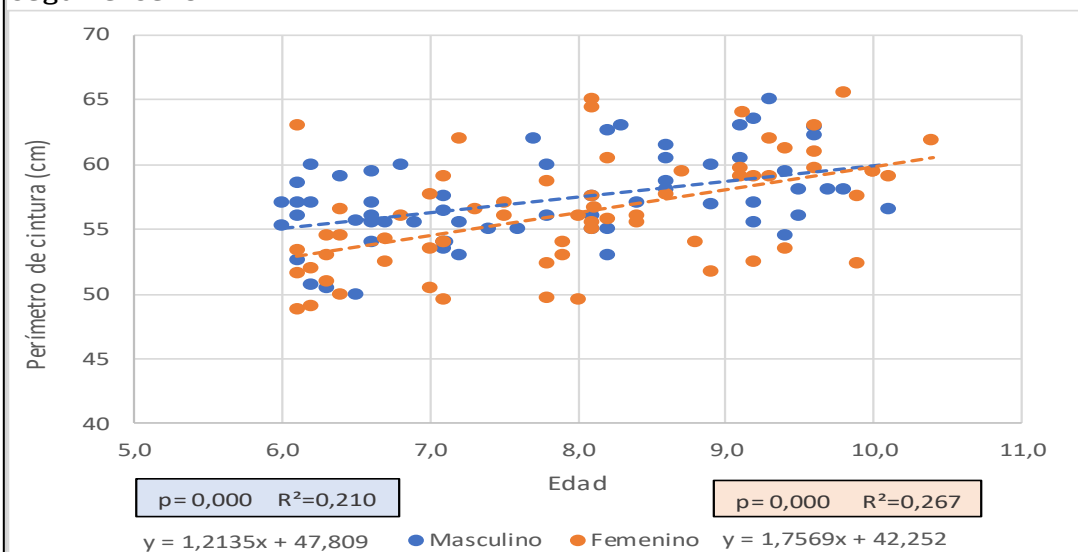


**Gráf. 13. Promedios de IMC por grupos de edad y sexo**

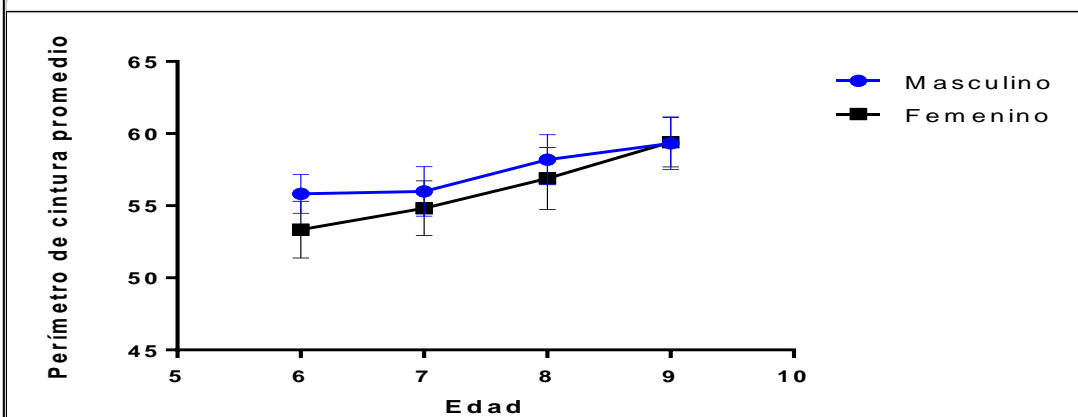


Se observó que en niños y niñas el perímetro de cintura incrementó de forma significativa, el cual, en niños estuvo influenciado por la edad en un 21% y en niñas en un 26% (Gráf.14 y 15). Y respecto al perímetro de cadera se observó una tendencia similar con cambios significativos en ambos sexos, una pendiente mayor en niñas y este incremento estuvo influenciado por la edad en un 525 en las niñas y en un 42 % en los niños (Gráficas16 y 17)

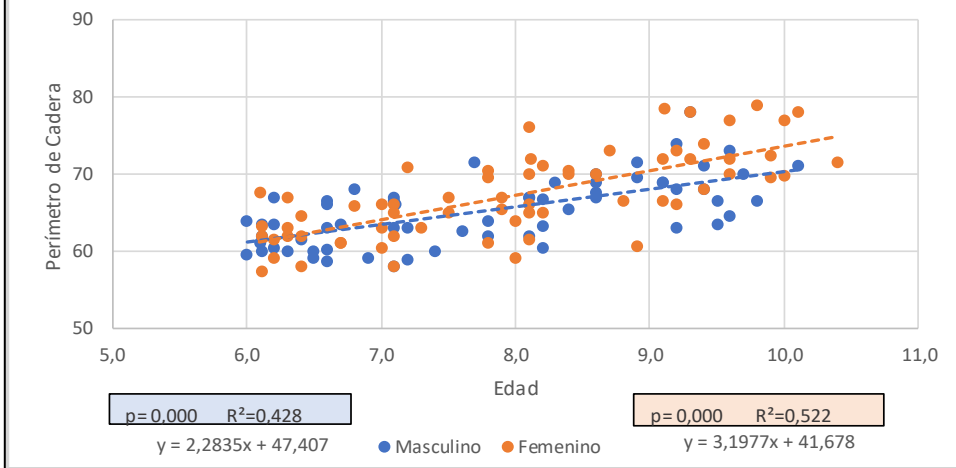
Graf. 14. Comportamiento de perímetro de la cintura respecto a la edad según el sexo



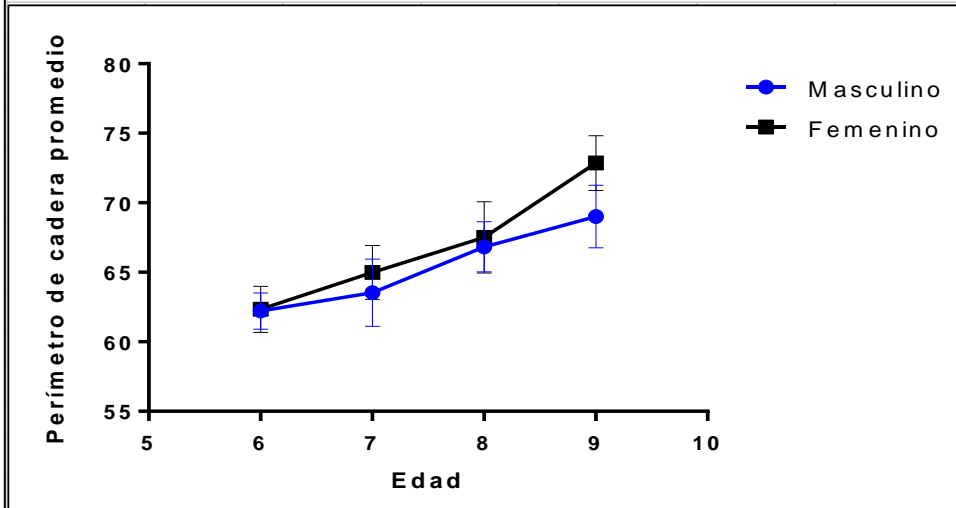
Gráf. 15. Promedio de perímetro de cintura por grupos de edad y sexo



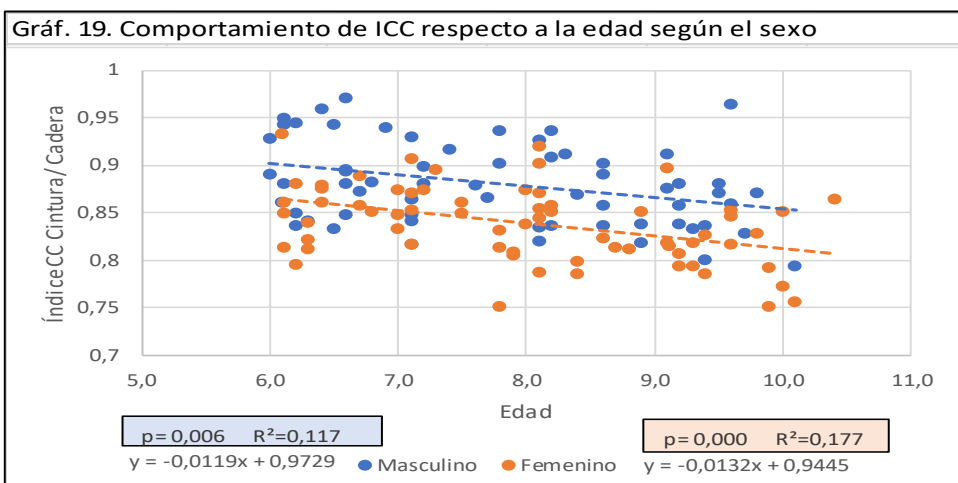
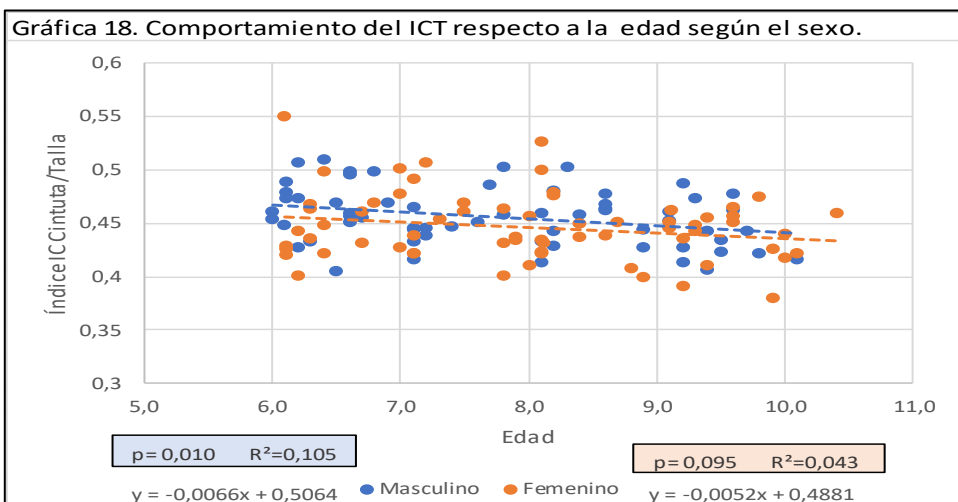
**Grafica 16. Comportamiento de perímetro de cadera respecto a la edad y el sexo**



**Grafica 17. Comportamiento de perímetro de cadera respecto a la edad y el sexo**



Se observó para todos los sujetos que el Índice Cintura Talla (ICT) y el Índice Cintura Cadera (ICC), mostraron una pendiente negativa, lo cual se esperaba por el incremento de talla (ICT) y en proporción el de la cadera. Sin embargo, la disminución del ICT fue significativa en los niños, mientras que en las niñas tendió a mantenerse estable y las medias mostraron mayor dispersión.

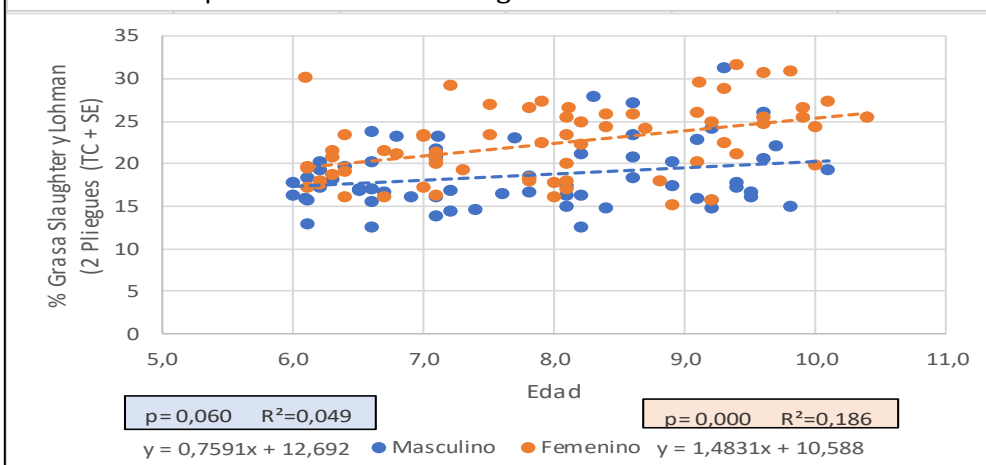


Respecto al porcentaje de grasa corporal medido a través de la ecuación de Slaughter y Lohman, que incluye las medidas de los pliegues cutáneos tricipital y subescapular, las medidas se obtuvieron siguiendo las recomendaciones ISAK y se

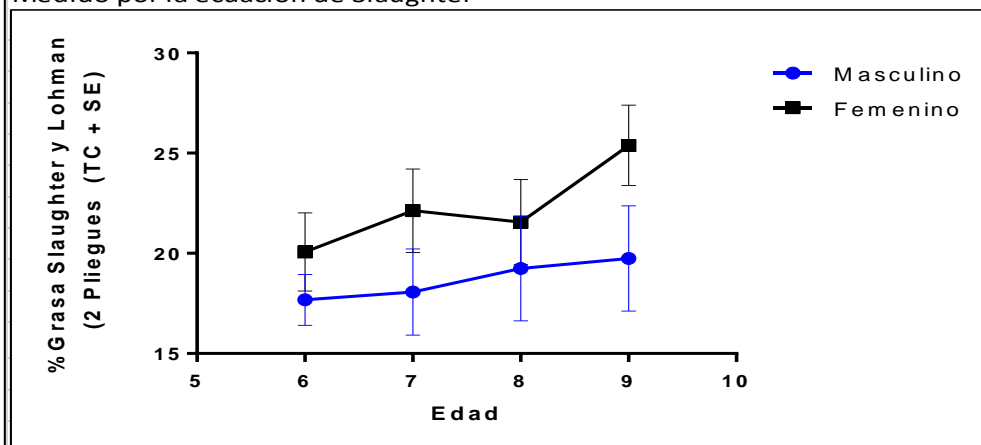
usó el plicómetro Harpendem, todas las mediciones fueron realizadas por 1 evaluador certificado en ISAK-1.

De acuerdo con la edad se encontró que el porcentaje de grasa tuvo incremento significativo en las niñas y la edad influencio este cambio en un 18%. Mientras en los niños el porcentaje de grasa tendió a mantenerse estable. (Gráficas 20 y 21). Este porcentaje de grasa también fue valorado por impedanciometría bioeléctrica encontrando una variación en la pendiente de regresión, sin embargo, este incremento no fue significativo en los 2 sexos, lo cual explica que respecto a la edad tanto en niños como en niñas el porcentaje de grasa corporal total tiende a mantenerse estable en estos grupos de edad (Gráficas 22 y 23).

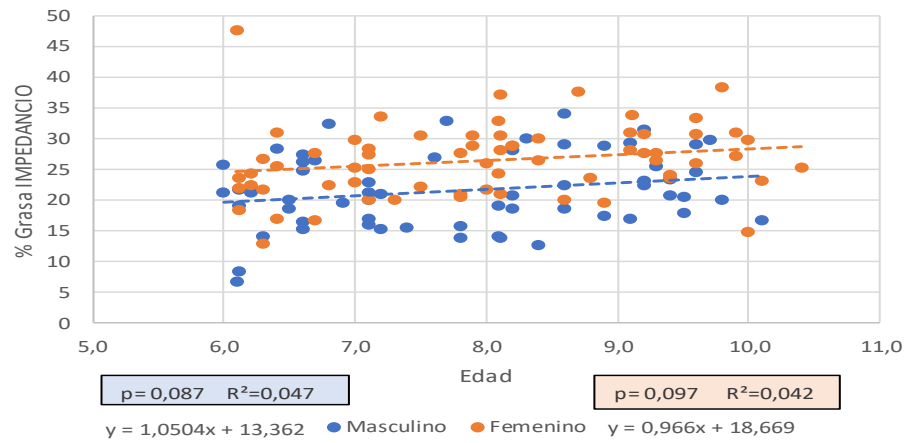
Gráf. 20 Comportamiento de porcentaje de grasa respecto a la edad según el sexo. Medido por la ecuación de Slaughter



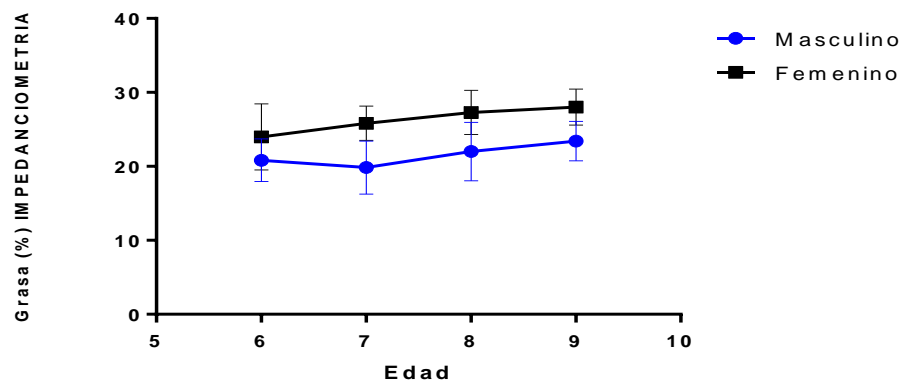
Gráf. 21. Promedios de porcentaje de grasa por grupos de edad y sexo. Medido por la ecuación de Slaughter



Gráf. 22. Comportamiento del porcentaje de grasa por impedanciometria respecto a la edad, según el sexo.



Gráf. 23. Promedios del porcentaje de grasa por impedanciometria respecto a la edad según el sexo.

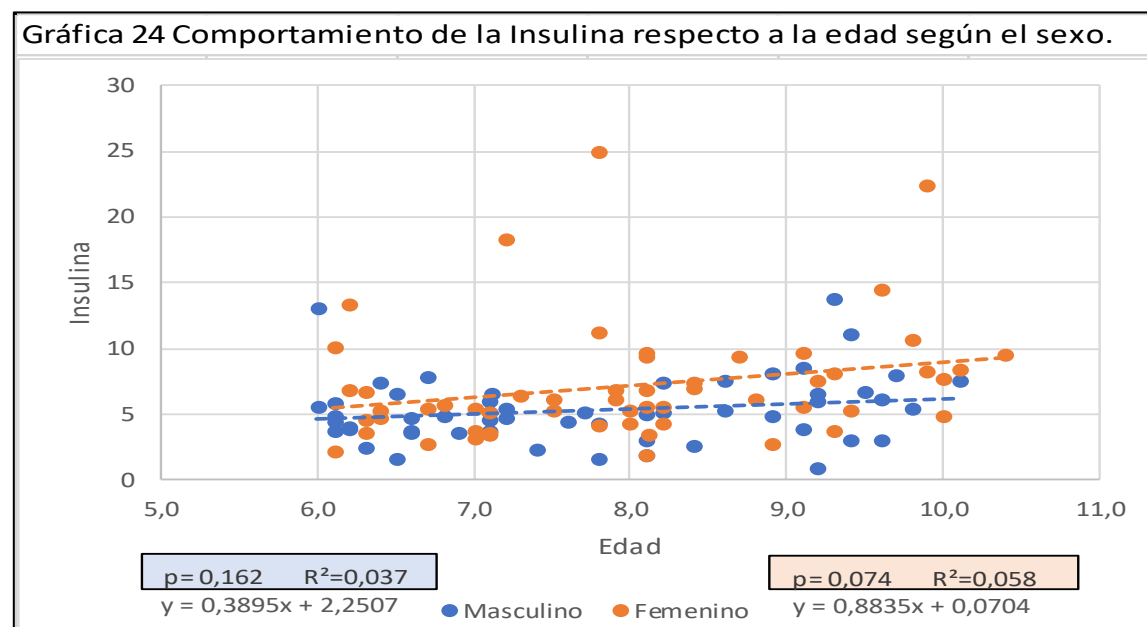


## 5.2.2 Bioquímicas

El análisis de variables bioquímicas se realizó en 110 participantes, quienes tuvieron una edad promedio de 7,7 años y un peso promedio de 25.89 cm, cuya distribución por sexo puede verse, en la tabla 12. Ninguno de los sujetos presento valores que excedieran los valores de referencia reportados por el laboratorio. (Tabla 1)

Por grupos de edad se observó que las variables de insulina, glicemia y leptina de acuerdo con los promedios por grupos de edad presentaron un incremento por grupo de edad mayor para las niñas. Sin embargo, en la regresión lineal simple se observó que los incrementos de insulina según el sexo no fueron significativos, mientras que si lo fueron para glicemia y leptina en niñas en donde la edad influenció este incremento en un 17%. (Gráficas 24, 25, 26)

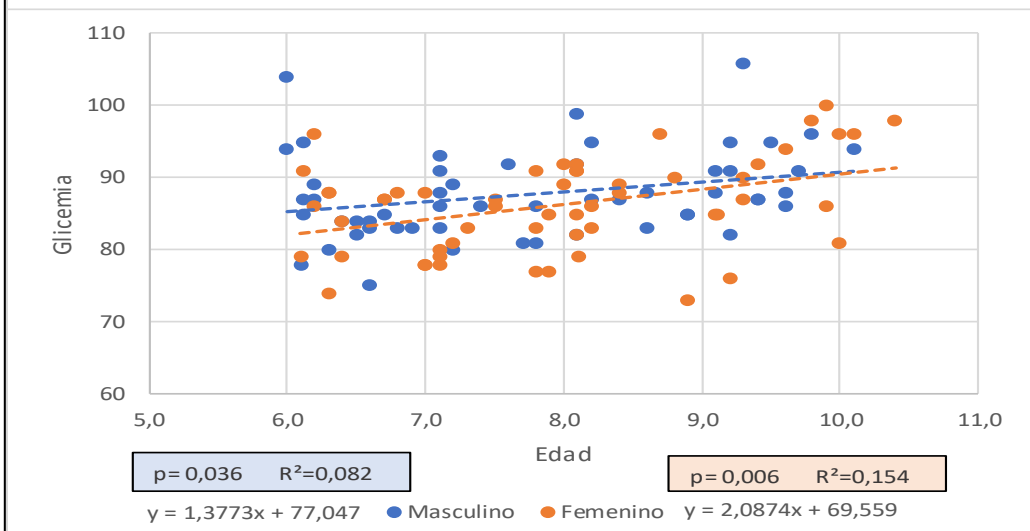
### Insulina





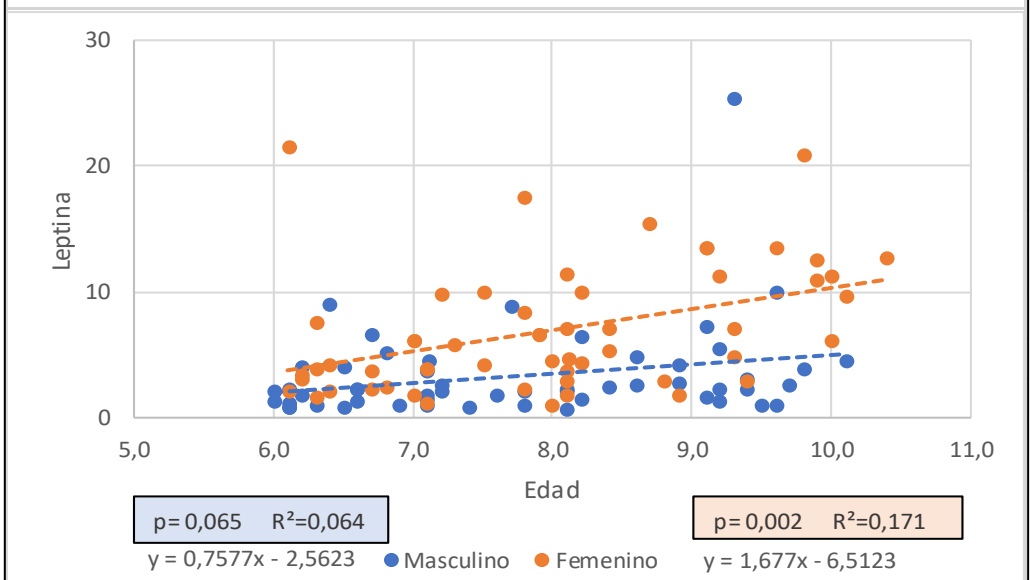
## Glicemia

Gráfica 25. Comportamiento de la glicemia respecto a la edad según el sexo.



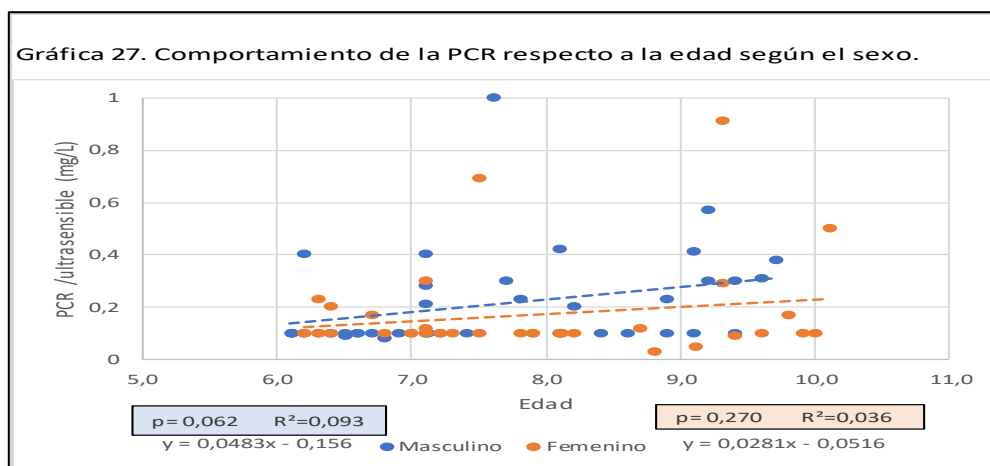
## Leptina

Gráfica 26. Comportamiento de la Leptina respecto a la edad según el sexo.

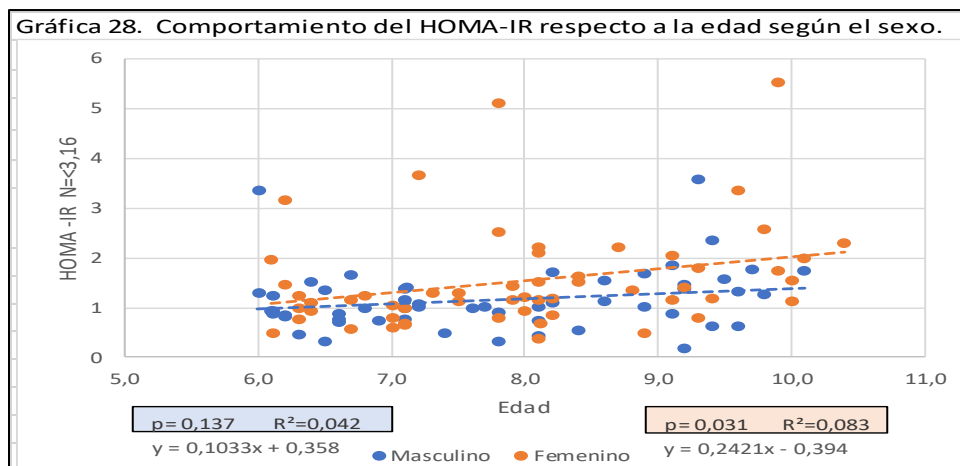


### Proteína C reactiva Ultrasensible (PCR-us)

Respecto al comportamiento de la proteína C reactiva Ultrasensible esta fue medida en 73 de los 110 niños, se encontró mayor dispersión en los valores de los niños, el incremento fue no significativo por sexo lo cual, puede ser explicado porque ninguno de los niños presentaba valores de inflamación sistémica, solo 4 sujetos presentaron PCR mayor a 0,5 mg/L. (Graf. 27).



Al evaluar el índice HOMA – IR para detectar resistencia a la insulina se relacionaron las variables insulina y glicemia, se observó que la mayoría de los sujetos están dentro del rango de normalidad reportado por la literatura en niños (<3,41), sin embargo, el comportamiento de esta variable mostró que el índice en los niños es más estable que en las niñas en quienes se encontró un incremento significativo influenciado por la edad en un 8,3% (grafica 28).





### 5.3. Correlación entre las variables antropométricas y bioquímicas de acuerdo con el sexo

Para determinar el grado de asociación entre las variables antropométricas y bioquímicas se usó el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ), considerando una asociación fuerte para correlaciones con resultado  $>0,8$ , este análisis se realizó con 110 sujetos. Para determinar la relación causa efecto entre las variables estudiadas se utilizó el coeficiente de determinación ( $r^2$ ).

Inicialmente se hicieron las asociaciones entre las variables antropométricas, las cuales mostraron una correlación positiva fuerte del IMC con porcentaje de grasa ( $r=0,62$ ), peso ( $r=0,74$ ), perímetro de cintura ( $r=0,79$ ) y de cadera ( $r=0,73$ ), mientras que con la talla fue débil ( $r=0,25$ ). Con respecto a las asociaciones entre el porcentaje de grasa y las otras antropométricas a excepción de la talla, se encontró que la correlación estuvo entre moderada y fuerte para perímetro de cintura ( $r=0,55$ ), perímetro de cadera ( $r=0,72$ ) y para peso ( $r=0,57$ ). (tabla 13) Cuando se revisan estas correlaciones del IMC y el porcentaje de grasa con las otras variables antropométricas a excepción de la talla y discriminando por sexo, se encuentra que estas correlaciones siguen siendo fuertes en el sexo femenino, mientras que tienden a ser moderadas en el sexo masculino. (Tabla 14)

Los resultados con respecto al coeficiente de determinación entre las variables antropométricas muestran los mayores valores entre el IMC y perímetro de cintura con ( $r^2=0,62$ ) y el perímetro de cadera con ( $r^2=0,53$ ), y entre la relación de porcentaje de grasa y el perímetro de cadera ( $r^2=0,52$ ) (tabla 13). Al revisar estos coeficientes de determinación discriminados por sexo, se encontró que esta tendencia se conservaba en el sexo femenino mientras que caía en el sexo masculino (Tabla 14).

Las variables bioquímicas tuvieron correlaciones moderadamente positivas entre leptina e insulina con ( $r=0,56$ ) y entre leptina e índice HOMA-IR ( $r=0,56$ ). Mientras que el coeficiente de determinación entre leptina e insulina fue débil ( $r^2=0,32$ ) (Tabla 13), lo cual observa también en el coeficiente de determinación discriminado por sexo para niñas ( $r^2=0,24$ ) y para niños ( $r^2=0,36$ ) (tabla 14).

Al realizar las asociaciones entre las variables antropométricas y bioquímicas, se encontró para todos los sujetos una correlación positiva de moderada a fuerte entre la leptina y las variables antropométricas, mientras que esta correlación con la insulina fue débil. Al discriminar por sexo estas correlaciones y los coeficientes de determinación mantuvieron igual tendencia en los dos sexos. (Tabla 14) Para

comparar las correlaciones discriminadas por sexo, se usó los coeficientes Z de Fisher y los cálculos de los valores p. Se encontró que entre las asociaciones no hubo diferencias significativas por sexo. las cuales se describen en la tabla 15.

Tabla 15. Matriz de comparación de correlaciones por sexo

p-valor de comparacion por sexos										
n=110	Edad	Peso	Talla	IMC	% Grasa Slaughter	Perimetro cintura	Perimetro cadera	Insulina	Glicemia	Leptina
Peso	0,382									
Talla	0,358	0,324								
IMC	0,470	0,488	0,469							
% Grasa Slaughter	0,440	0,483	0,356	0,500						
Perimetro cintura	0,331	0,444	0,329	0,499	0,463					
Perimetro cadera	0,383	0,471	0,223	0,499	0,448	0,473				
Insulina	0,301	0,170	0,226	0,219	0,235	0,227	0,226			
Glicemia	0,364	0,235	0,159	0,383	0,236	0,157	0,197	0,082		
Leptina	0,412	0,400	0,285	0,484	0,216	0,394	0,419	0,106	0,127	
HOMA	0,338	0,186	0,249	0,229	0,223	0,203	0,232	0,333	0,067	0,086

Tabla 13. Matriz general de Índices de correlación y de determinación de los sujetos del estudio										
CORRELACION GENERAL DE VARIABLES ANTROPOMETRICAS Y BIOQUIMICAS										
n=110										
<b>CORRELACIÓN (r)</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Talla (cm)</b>	<b>IMC</b>	<b>% Grasa Slaughter</b>	<b>Perímetro Cintura</b>	<b>Perímetro Cadera</b>	<b>Insulina</b>	<b>PCR</b>		
Talla (cm)	0,83									
IMC	0,74	0,25								
% Grasa Slaughter	0,57	0,31	0,62					0,26		
Perímetro Cintura	0,77	0,47	0,79	0,55				0,19		
Perímetro Cadera	0,92	0,73	0,73	0,72	0,73			0,16		
Insulina	0,35	0,29	0,28	0,48	0,23	0,42		0,13		
Glicemia	0,32	0,39	0,08	0,04	0,21	0,27	0,33	0,08		
Leptina	0,55	0,34	0,56	0,77	0,52	0,68	0,56	0,35		
HOMA-IR	0,37	0,33	0,26	0,46	0,23	0,43	0,99	0,14		
<b>COEFICIENTES DE DETERMINACIÓN (r<sup>2</sup>)</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Talla (cm)</b>	<b>IMC</b>	<b>%Grasa Slaughter</b>	<b>Perímetro Cintura</b>	<b>Perímetro Cadera</b>	<b>Insulina</b>	<b>PCR</b>		
Talla (cm)	0,69									
IMC	0,55	0,06								
% Grasa Slaughter	0,32	0,09	0,38					0,07		
Perímetro Cintura	0,59	0,23	0,62	0,30				0,04		
Perímetro Cadera	0,84	0,53	0,53	0,52	0,53			0,03		
Insulina	0,12	0,08	0,08	0,23	0,05	0,18		0,02		
Glicemia	0,10	0,16	0,01	0,00	0,04	0,07	0,11	0,01		
Leptina	0,31	0,12	0,32	0,59	0,27	0,46	0,32	0,12		
HOMA -IR	0,14	0,11	0,07	0,21	0,05	0,18	0,98	0,02		



## 6. DISCUSIÓN

La obesidad y el sobrepeso son alteraciones nutricionales de gran prevalencia en países en desarrollo, siendo América el continente con mayor número de casos (32%) (Hurtado y Rosales, 2014). En Colombia. Según los datos reportados por ENSIN 2015, la obesidad infantil tiene una prevalencia de 25,9%, con un aumento del sobrepeso en la primera infancia del 6,3% y en escolares entre 5 y 12 años del 24.4%. Se afirma también, que la alteración durante el rebote adiposo permite predecir riesgo de obesidad en el adulto (Dietz, 1994).

Ante esta situación hay abundantes estudios relacionados con la caracterización, intervención y seguimiento de la obesidad en la infancia y de la pubertad (singh et al, 2008), pero escasas de literatura que profundice en la caracterización y comportamiento de las variables relacionadas con el desarrollo normal del tejido adiposo. En este estudio se evaluó la tendencia de la magnitud y la asociación entre las medidas antropométricas y los niveles sanguíneos de las siguientes variables bioquímicas: insulina, leptina, glicemia y proteína C reactiva ultrasensible, en una muestra de niños normopeso, con el objetivo de hacer una aproximación hacia los valores de estas variables durante uno de los comportamientos fisiológicos del tejido adiposo como es el rebote adiposo.

Los 128 niños saludables y normopeso, fueron seleccionados por conveniencia de colegios privados y públicos, con edades del periodo de rebote adiposo (6-10 años). En esta muestra en un 48% fueron hombres, la mayoría de los sujetos pertenecían a los estratos 2 a 4 (91,4%) y predominantemente eran de raza mestiza (89 %). La condición física de los niños evaluada a través de prueba cualitativa (IPAQ-C) y dependiente del recuerdo de los niños, permitió identificar un 49,21% de sedentarismo, coincidiendo con lo reportado por la encuesta ENSIN del 2015 (tablas 6,7,8).

Ha sido descrito que el normal desarrollo prenatal del niño favorece el potencial genético que impulsa el crecimiento organizado de sus tejidos y que cuando se presenta bajo peso al nacer, nacimiento prematuro o alteraciones prenatales, puede cambiar la composición corporal, con un incremento de peso sobre todo de la masa grasa. Estos factores pueden favorecer la aparición de un rebote adiposo mayor o temprano en la infancia (Mărginean et al, 2016), que a su vez es factor de riesgo de sobrepeso o síndrome metabólico en la edad adulta (Camhi et al, 2010, Desai, 2013). Teniendo en cuenta esta información, se indago mediante encuesta a los padres, sobre la presencia de antecedentes natales y se encontró que de 73 padres



que contestaron, 67 reportaron peso y talla normal al nacer de los niños y baja frecuencia de alteraciones patológicas (3-4% de prenatales y perinatales) (Tablas 9 y 10).

Cuando se hizo la evaluación de estos niños a través de las mediciones del IMC se encontraron valores normales de acuerdo con los percentiles propuestos por la OMS para talla, peso e IMC, como también en los puntajes Z, establecidos como criterio de inclusión (tabla 16). De acuerdo con el puntaje Z, el promedio obtenido para la talla tuvo un valor negativo de  $-0,11(0,54ds)$  que coincidió con un percentil promedio de  $46.07(19.32ds)$ , un hallazgo similar fue encontrado por Gracia B. 2003, en el que se estudiaron niños entre 7 y 18 años de zonas urbanas de la ciudad de Cali. Dado que el peso está influenciado por la talla, en nuestro estudio el valor promedio de puntaje Z para peso fue de  $0,09(0,62ds)$  mostrando similar tendencia que la talla (tabla 16).

En este aspecto es importante considerar que existen factores genéticos y nutricionales que influyen en la velocidad de crecimiento, lo cual puede ser mejor explorado a través de un estudio longitudinal. Como era de esperar de acuerdo con el crecimiento normal, el comportamiento del peso y la talla en las regresiones lineales simples, mostro que el incremento de talla y peso fue significativo en niñas y en niños y que este incremento de peso es influenciado por la edad en un 62%, y el incremento de talla en niñas está influenciado por la edad en un 77% (gráficas 10 y 11). Esta tendencia fue similar en niños, pero mostrando una pendiente menor. Este incremento mayor en las niñas fue reportado también por Poveda et al, 2007, en el que midieron 1562 niños colombianos para caracterizar la población y determinar valores de referencia para leptina.

Se ha reportado que, en condiciones fisiológicas, el rebote adiposo luego de la primera infancia se inicia con el incremento del IMC alrededor de los 6 años, producido sobre todo por incremento de peso del tejido graso, (predominantemente adipogénesis) (Casanello et al, 2016, Zhou. J. et al, 2016), aunque también hay incremento de la talla entre 5 a 7 cm/año hasta los 10 años (Pozo, 2005). Cuando hay mayor incremento del IMC por obesidad en estas edades se plantea mayor adipogénesis y por lo tanto mayor número de adipocitos para expandir en la adultez (Edward et al, 2017).

Al evaluar los resultados de las mediciones de estas variables (peso, talla e IMC) en este estudio se encontró que la tendencia fue hacia el incremento entre los grupos de edad, en la regresión lineal el incremento de IMC fue significativo para las niñas y está influenciado por la edad en un 16% (gráfica 12), pero en los niños el incremento no fue significativo, mostrando que esta variable se mantiene más

estable entre estas edades. De acuerdo con la literatura entre los 6 y 10 años estas edades el incremento de la ganancia de peso es menor que la talla lo cual se pudo observar también en este estudio, se encontró que el porcentaje de cambio de peso en niñas fue mayor 12% y en niños de 8,1%, mientras que fue menor la ganancia de talla siendo para niñas de 4,2% y de 3,6% en niños (Grafica 12).

Las mediciones obtenidas con los pliegues cutáneos tricipital y subescapular para estimar el porcentaje de grasa, se encontraron normales para todos los sujetos de (Frisancho 1981). De acuerdo con la edad el tamaño de los pliegues presento un incremento mayor en niñas (tabla 11), y en la regresión lineal se observó que el incremento del porcentaje de grasa medido a través de la ecuación de Slaughter, fue significativo en niñas y este cambio está influenciado por la edad en un 20%, contrario a los niños la pendiente fue no significativa indicando que el incremento de grasa por grupos de edad en los niños no es significativo (gráfica 20). Además, Los valores obtenidos en pliegues cutáneos en niños de 6 a 6,9 años, presentaron una medida para pliegue tricipital y subescapular ligeramente menor al percentil 50 tanto en niños como en niñas. El error estándar de medición calculado para las pruebas realizadas en los 128 participantes fue para el pliegue tricipital de 2,08% y para el subescapular de 2,52% (Tabla 11), ambos por debajo del error de medición estándar aceptado ( $<3,8\%$ ) (Curilem et al, 2006), al aplicar la ecuación de Slaughter, lo que indica que las mediciones fueron confiables. Estas mediciones fueron comparadas con tablas percentiladas de pliegues cutáneos propuestas por Frisancho NHNES I y II.

Al observar el comportamiento del contenido de grasa corporal total obtenido por impedanciometria se observa que hay una tendencia al incremento de peso por edad, sin embargo, este incremento no es significativo en ambos sexos, informando que el contenido de grasa en los grupos de edad tiende a mantenerse estable (gráfica 22). Según la clasificación del IMC todos los sujetos medidos fueron normopeso con puntaje Z 0,12(0,75ds) encontrándose entre la -1ds y +1ds. por lo cual, es necesario considerar que la impedanciometria es una evaluación más precisa del contenido total de grasa y el porcentaje de grasa medido por la ecuación de Slaughter hace la estimación a través de pliegues del tren superior y grasa troncal.

En la evaluación individual de los datos se identificó que en sexo femenino 10 participantes con talla y peso normal (-1ds y 1ds) tuvieron un IMC para baja adiposidad (entre 13 y 15). En el estudio de Rodriguez et al, 2008. Se evaluaron 346 niños para comparar el Gold estándar DXA absorciometría fotónica dual de rayos X con la impedanciometria bioeléctrica y otras técnicas, encontrando que BIA

presenta un error de medición del 5% en la medición del peso que este método es que muestra mejor correlación con los resultados del Gold estándar.

Otra medida antropométrica evaluada en este estudio fue el perímetro de cintura el cual, se ha asociado con mayor riesgo de enfermedad cardiovascular desde la infancia, complicaciones metabólicas y diabetes mellitus tipo 2 (Masuccio, 2009, Hurtado y Rosales, 2014). Para estudiar el comportamiento de esta variable se tuvo en cuenta la clasificación percentilar propuesta por (Frisancho y Freedman DS. et al, 1999). Se encontró que el valor promedio fue de 56,7cm, un valor similar al encontrado por Benjumea et al, 2008. Además, se encontró que aumenta por grupos de edad con un cambio entre los 6 a 10 años de 4.25cm. Por grupo de edad se encontró que el perímetro de cintura no cambio de forma proporcional, encontrando el menor cambio entre los 6 a 7.9 años de 0,54cm y el mayor entre los 7 a 8.9 años de 2,17cm.

Este cambio en el comportamiento del perímetro de cintura puede estar relacionado con el tipo de alimentación y su nivel de actividad física, los niños que se encontraron en este grupo de edad fueron 58 sujetos, de ellos el 53.44% fueron sedentarios. Dado que este es un factor de riesgo para obesidad y en estas edades los niños están adoptando hábitos de alimentación, se requieren acciones de prevención para controlar esta tendencia, puesto este aumento del perímetro de cintura se asocia con obesidad central.

Respecto a las regresiones lineales se encontró que el incremento de perímetros de cintura y cadera respecto a la edad fue significativo en los dos sexos, observando igual tendencia, con mayor pendiente en las niñas. El incremento de estos perímetros está más influenciado por la edad para el perímetro de la cadera en niños en un 42% y en niñas en un 52% (gráficas 14 y 16).

El ICT en todos los participantes fue de 0,45. Este valor es importante, puesto que se considera que un ICT mayor de 0,5 está relacionado con riesgo de síndrome metabólico en la infancia. También se evaluó el ICC que informa de incrementos de grasa a nivel central. En este estudio el ICC promedio fue de 0,90, siendo para el sexo femenino de 0,83 y para el sexo masculino de 0,88, encontrándose dentro del rango de normalidad. Respecto a la regresión lineal se encontró en el perímetro de cintura y el de cadera una tendencia de pendiente negativa para ICT e ICC, siendo este cambio significativo para ICC en ambos sexos. (Gráficas 18 y 19).

Vistos estos resultados en conjunto pareciera sugerir que el crecimiento del tejido adiposo en el grupo de niños estudiados entre 6 a 10 años no generó tanto cambio del IMC, muy probablemente porque la talla también está aumentando (gráfica 11, tabla 13) y porque el incremento del peso graso entre estas edades no es marcado.

La literatura reporta que entre los 6 y 10 años la pendiente del IMC del rebote adiposo es baja en comparación con la pendiente después de los 10 años y la pubertad (Rolland 2006). Por otro lado, al hacer el análisis con el porcentaje de grasa (grafica 20), se observan incrementos significativos y mayores entre las mujeres que entre los hombres (graficas 12 y 20). ,mayores valores de la pendiente que con IMC Grafica 12) y de mayor magnitud en las mujeres y en el diámetro de cadera.

Al evaluar las asociaciones entre las variables antropométricas, se encontró correlación positiva fuerte del IMC con porcentaje de grasa ( $r=0,62$ ), peso ( $r=0,74$ ), perímetro de cintura ( $r=0,79$ ) y de cadera( $r=0,73$ ), mientras que con la talla fue débil ( $r=0,25$ ). Con respecto a las asociaciones entre el porcentaje de grasa y las otras antropométricas a excepción de la talla, se encontró que la correlación fue moderada para perímetro de cintura ( $r=0,55$ ) y para peso ( $r=0,57$ ), pero fuerte con perímetro de cadera ( $r=0,72$ ) (Tabla 13). Cuando se revisan estas correlaciones del IMC y el porcentaje de grasa con las otras variables antropométricas a excepción de la talla y discriminando por sexo, se encuentra que estas correlaciones siguen siendo fuertes en el sexo femenino, mientras que tienden a ser moderadas en el sexo masculino (tabla 14).

La correlación hallada ente perímetro de cintura y el IMC tuvo un  $r=0,79$ , sugiriendo una validez similar para para definir de forma precisa el exceso de masa grasa corporal en los niños prepúberes. De acuerdo con la localización abdominal, todos los niños presentaron ICT menor de 0,45 que en la correlación con el IMC obtuvo un  $r=0,60$  y un  $r^2=0,36$ . Aunque este índice se considera un fuerte predictor de alteraciones metabólicas (dislipemias resistencia a la insulina e hipertrigliceridemia (Valle-L. et al,2016, Khoury et al, 2013), en nuestro estudio la correlación obtenida de la glicemia con la insulina es muy débil, con igual tendencia con índice HOMA.

Comparando estos resultados, con un estudio realizado en Colombia en el 2008 con una población de 10.720 sujetos (Benjumea et al, 2008), se encuentra que el valor de perímetro de cintura en niños normopeso fue similar, pero en general las medidas antropométricas fueron mayores para niñas y las correlaciones fueron menores para perímetro de cintura con peso, talla e IMC y sexo mayores en los niños. En el estudio de Freedman 2004, la correlación encontrada entre el peso y el IMC fue de  $r=0,85$  similar a la encontrada en este estudio de  $r=0,83$ , en el estudio de Burgos et al 2012, se encontró una correlación entre perímetro de cintura e IMC con  $r=0,85$  mientras en nuestro estudio la correlación también fue fuerte  $r=0,79$ .

Al analizar resistencia a la insulina a través del índice HOMA y teniendo en cuenta que aún no hay consenso de un punto de acuerdo con la edad tanto para insulina como índice HOMA, se tuvo en cuenta valores que han sido reportados en estudios

que buscan establecer este criterio. De acuerdo con Ballerini 2016, los valores de insulina en prepuberes fueron entre 6,7 y 7,2 mU/L y un valor para HOMA -IR de 2,5 para un estadio de Tanner -I. En este estudio se encontró que el promedio de índice HOMA-IR fue de 1,23 (0,61ds), aunque 5 de los sujetos presentaron valores superiores de 2,5 para HOMA-IR, considerando importante, abordar estos sujetos de forma individual para realizar seguimiento clínico. En la regresión lineal se encontró que los incrementos de HOMA-IR por grupos de edad en ambos sexos no fue significativo, mostrando que los valores tienden a ser estables entre la edad de 6 a 10 años entre los niños estudiados (gráfica 28).

La magnitud de la Insulina y la leptina estuvo en el rango normal (tabla 12). Se observó que los valores de estas variables fueron incrementando con la edad, siendo mayor en niñas (tabla 12). Para establecer las correlaciones se tuvo en cuenta lo descrito por la literatura y es la importancia de la Insulina como inductor de adipogénesis y el rol de la leptina como marcador de adipogénesis, puesto que es una adipoquina producida por los adipocitos y a medida que aumentan los depósitos las concentraciones se elevan de manera proporcional (Maskin, 2011). En este estudio se encontró que entre las edades estudiadas el incremento de leptina fue significativo en niñas y está influenciado por la edad en un 17%, pero no fue significativo en niños y respecto a la insulina se observó similar tendencia significativa en niñas, pero el incremento por la edad es solo de 9,6%

En el análisis de correlación se encontró asociación moderada entre la insulina y la leptina  $r=0,49$  (tabla 14) y discriminada por sexo la correlación fue más fuerte con el sexo masculino  $r=0,60$ . Al hacer las relaciones con las variables antropométricas se encontraron mayores índices de correlación con la leptina que con la Insulina. Al explorar la relación causa-efecto ( $r^2$ ) de la Insulina con el porcentaje de grasa fue de 23% mientras que el de la leptina fue de 0.59 (Tabla 13). Con respecto a la proteína C reactiva ultrasensible, también se ha relacionado con obesidad y síndrome metabólico en la infancia, diversos estudios han establecido una relación positiva entre el incremento del tejido graso en especial la adiposidad visceral con el aumento de la respuesta inflamatoria (Acevedo 2007). En este estudio esta proteína fue tomada en cuenta como un criterio de exclusión, sin embargo, dado su interés por la relación que guarda con el estado de inflamación de bajo grado fue analizada. En este estudio los niños presentaron bajo incremento del tejido graso en la cintura y valores de PCR bajos 0,18mg/L, éste comportamiento también fue reportado en el estudio de Jiménez M.2010, en el que se describió el comportamiento de biomarcadores y síndrome metabólico encontrando valores de PCR de 3.4 mg/L en el grupo obeso y de 0,23 mg/L en el grupo control. Cuando se explora la correlación entre la PCR y el % grasa o el perímetro de cintura se encuentran valores débiles y los coeficientes de determinación también fueron bajos (tabla 13).

## 7. CONCLUSIONES

1. La caracterización de la población de niños seleccionada reportó valores de variables antropométricas, bioquímicas y de antecedentes antropométricos en límites normales, sin embargo, un 49% de los niños era sedentario lo cual pudo influir en el comportamiento de las variables antropométricas. El criterio de selección que fue la normalidad en el peso y la talla por grupo de edad en este estudio transversal disminuyen la importancia del efecto de este factor.
2. La presencia de antecedentes perinatales y prenatales fueron muy mínimos en el grupo seleccionado.
3. De acuerdo con lo reportado para niños entre 6 a 10 años, hubo incremento leve del IMC por aumento del peso, pero también de la talla, sin embargo, la asociación del IMC fue fuerte con el peso y débil con la talla.
4. El porcentaje de grasa corporal tuvo un incremento mayor que el IMC a través de los diferentes grupos de edad, pero su asociación con el peso fue moderada, mientras que la asociación con el perímetro de cintura en los niños y del perímetro de cadera en las niñas fue mayor.
5. Las variables bioquímicas tuvieron un incremento a través de los diferentes grupos de edad y diferente por sexo, el de la leptina fue mayor que el de la insulina sobre todo en el sexo femenino. La asociación de Insulina con IMC, %grasa y perímetros de cadera y cintura fue menor que las correspondientes con Leptina sobre todo en el sexo femenino. La relación causa efecto entre estas variables fue muy débil.
6. Conocer el comportamiento de las variables estudiadas en niños colombianos abre posibilidades de investigación

## **FORTALEZAS DEL ESTUDIO**

1. Las mediciones de variables antropométricas y bioquímicas fueron realizadas por personal certificado.
2. En las medidas antropométricas se obtuvo bajo % de error técnico de medición (ETM) por lo cual son confiables.
3. Los valores reportados en este estudio permiten observar una tendencia del comportamiento de las variables antropométrica y bioquímicas estudiadas en una muestra de niños colombianos.
4. La información obtenida abre la necesidad de plantear estudios con una mayor muestra para establecer valores de referencia en la población infantil colombiana.

## **DEBILIDADES DEL ESTUDIO**

1. La selección de los niños se realizó a través del IMC y no del % grasa
2. El tamaño de muestra fue calculado para las variables de interés respecto a la edad

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Arner, E., Westermark, P. O., Spalding, K. L., Britton, T., Rydén, M., Frisén, J., ... & Arner, P. (2009). Adipocyteturnover: relevanceto human adiposetissue morphology. *Diabetes*.
2. Arner, P., Bernard, S., Salehpour, M., Possnert, G., Liebl, J., Steier, P., ... & Skurk, T. (2011). Dynamics of human adiposelipidturnover in health and metabolicdisease. *Nature*, 478(7367), 110-113.
3. Acevedo, M., Arnáiz, P., Barja, S., Bambs, C., Berríos, X., Guzmán, B., ... & Navarrete, C. (2007). Proteína C reactiva y su relación con adiposidad, factores de riesgo cardiovascular y aterosclerosis subclínica en niños sanos. *Revista española de cardiología*, 60(10), 1051-1058.
4. Aranceta Javier Bartrina, Majem Luis S. (2006). *Nutrición y salud pública*. Edición 2. Edit. Masson S.A. Barcelona España. Pag 114, 135.
5. Basila, A. M., Hernández, J. M., & Alarcón, M. L. (2011). Métodos diagnósticos de la resistencia a la insulina en la población pediátrica. *Boletín médico del Hospital Infantil de México*, 68(5), 397-404.
6. Ballerini, M. G., Bergadá, I., Rodríguez, M. E., Keselman, A., Bengolea, V. S., Pipman, V., ... & Ropelato, M. G. (2016). Insulinlevel and insulinsensitivityindicesamonghealthychildren and adolescents. *Archivos argentinos de pediatria*, 114(4), 329-336.
7. Borrajo, E. (2002). Symposium Obesidad: Aspectos actuales de la obesidad, 1–11
8. Benjumea, M. V., Arbeláez, P. E., & Agudelo, L. M. (2008). Waistcircumference in childrenaged 1 to 16 yearsfrom Manizales. *Revista Colombiana de Cardiología*, 15(1), 23-34.
9. Bouchard C, Després JP, Mauriége P. Genetic and non-genetic determinants of regional fat distribution. *EndocrRev* 1993.
10. Burgos, M. S., Burgos, L. T., Camargo, M. D., Franke, S. I. R., Prá, D., Silva, A. D., ... & Reuter, C. P. (2013). Associação entre medidas antropométricas e fatores de risco cardiovascular em crianças e adolescentes. *ArqBrasCardiol*, 101(4), 288-296.
11. Casanello, P., Krause, B. J., & Castro-rodríguez, J. A. (2016). Epigenética y obesidad &. *Revista Chilena de Pediatría*, 87(5), 335–342.
12. Clarke-Harris, R., Wilkin, T. J., Hosking, J., Pinkney, J., Jeffery, A. N., Metcalf, B. S., ... & Burdge, G. C. (2014). PGC1 $\alpha$  promotermethylation in blood at 5–7 yearspredicts adiposityfrom 9 to 14 years (EarlyBird 50). *Diabetes*, 63(7), 2528-2537.
13. Camhi SM, Katzmarzyk PT, Broyles S, Srinivasan SR, Chen W, Bouchard C, et al. Predicting adult body mass index-specific metabolic risk from childhood. *MetabSyndrRelatDisord*. 2010; 8:165–172. [PubMed: 20156071]
14. Cuartero, B. G., Lacalle, C. G., Lobo, C. J., Vergaz, A. G., Rey, C. C., Villar, M. A., & Martínez, E. D. (2007, May). Índice HOMA y QUICKI, insulina y péptido C en niños sanos. Puntos de corte de riesgo cardiovascular. In *Anales de Pediatría* (Vol. 66, No. 5, pp. 481-490). Elsevier Doyma.
15. Curilem Gatica, C., Almagià Flores, A., Rodríguez Rodríguez, F., YuingFarias, T., Berral de la Rosa, F., Martínez Salazar, C., ... & Bruneau Chávez, J. (2016). Evaluación de la composición corporal en niños y adolescentes: directrices y recomendaciones. *Nutrición Hospitalaria*, 33(3), 734-738.



16. Desai, M., Beall, M., & Ross, M. G. (2013). Developmental origins of obesity: programmed adipogenesis. *Current diabetes reports*, 13(1), 27-33.
17. Dietz, W. H. (1994). Critical periods in childhood for the development of obesity. *The American journal of clinical nutrition*, 59(5), 955-959.
18. Dietz, W. H. (2000). "Adiposity rebound": reality or epiphenomenon?. *The Lancet*, 356(9247), 2027-2028.
19. De la Rosa, F. J. B., & Bies, E. R. (2007). Impedancia bioeléctrica y su aplicación en el ámbito hospitalario. *Revista Hosp Juan Mex*.
20. Deurenberg, P., Pieters, J. J., & Hautvast, J. G. (1990). The assessment of the body fat percentage by skinfold thickness measurements in childhood and young adolescence. *British Journal of Nutrition*, 63(2), 293-303.
21. Encuesta Nacional de Nutrición ENSIN 2015. Ministerio de Salud de Colombia 2017.
22. Edward H, Marshall, S. A., Saldana, S., Skelton J. A., Suerken, C. K., Arcury, T. A., & Quandt, S. A. (2017). Determinants of Adiposity Rebound Timing in Children. *The Journal of Pediatrics*
23. Farpour-Lambert, N. J., Baker, J. L., Hassapidou, M., Holm, J. C., Nowicka, P., & Weiss, R. (2015). Childhood obesity is a chronic disease demanding specific health care—a position statement from the Childhood Obesity Task Force (COTF) of the European Association for the Study of Obesity (EASO). *Obesity facts*, 8(5), 342-349.
24. Farpour-L. et al. 2015).
25. Freedman DS, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson GS. The relation of overweight to cardiovascular risk factors among children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Pediatrics* 1999; 103:1175-82.
26. Feng, B., Zhang, T., & Xu, H. (2013). Human adipose dynamics and metabolic health. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1281(1), 160-177
27. Ford, E. S., Giles, W. H., Myers, G. L., Rifai, N., Ridker, P. M., & Mannino, D. M. (2003). C-reactive protein concentration distribution among US children and young adults: findings from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999–2000. *Clinical Chemistry*, 49(8), 1353-1357.
28. Frisancho, A. R. (1981). New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *The American journal of clinical nutrition*, 34(11), 2540-2545.
29. Feve B. Adipogenesis: cellular and molecular aspects. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*. 2005; 19:483–499. [PubMed: 16311213]
30. Gracia, B., De Plata, C., Rueda, Á., & Pradilla, A. (2003). Antropometría por edad, género y estrato socioeconómico de la población escolarizada de la zona urbana de Cali. *Colombia Médica*, 34(2), 61-68.
31. Graciani, A., Guallar-castillo, P., Gijo, T., Banegas, R., & Rodri, F. (2016). Valores de referencia y puntos de corte de leptina para identificar anormalidad en la población Española, 68(8), 672–679.
32. García Cuartero, B., García Lacalle, C., Jiménez Lobo, C., González Vergaz, A., Calvo Rey, C., Alcázar Villar, M., & Díaz Martínez, E. (2007). Índice HOMA y QUICKI, insulina y péptido C en niños sanos. Puntos de corte de riesgo cardiovascular. In *Anales de Pediatría* (Vol. 66, No. 5, pp. 481-490).
33. Gijón-Conde, T., Graciani, A., Guallar-Castillón, P., Aguilera, M. T., Rodríguez-Artalejo, F., & Banegas, J. R. (2015). Valores de referencia y puntos de corte de leptina para identificar

- anormalidad cardiometabólica en la población española. *Revista Española de Cardiología*, 68(8), 672-679.
34. González-Jiménez, E., Montero-Alonso, M. Á., & Schmidt-Rio Valle, J. (2013). Estudio de la utilidad del índice de cintura-cadera como predictor del riesgo de hipertensión arterial en niños y adolescentes. *Nutrición Hospitalaria*, 28(6), 1993-1998.
  35. Hurtado-López, E. F., & Macías-Rosales, R. (2014). Enfoque de la obesidad infantil desde la pediatría. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 52(S1), 116-119.
  36. Hernández M, Benítez R, Medranda I, Pizarro C, Méndez MJ. Variaciones fisiológicas normales del desarrollo puberal: edad de inicio, edad de la menarquia y talla. *AnPediatr (Barc)*. 2008;69(2):147-53.
  37. Haro-Mora, J. J., García-Escobar, E., Porras, N., Alcazar, D., Gaztambide, J., Ruiz-Orpez, A., ... & Soriguer, F. (2013). Adipose tissue characteristics related to weight z-score in childhood. *International journal of endocrinology and metabolism*, 11(2), 82.
  38. Instructivo para la Implementación de los Patrones de Crecimiento de la OMS en Colombia, Niños, Niñas y Adolescentes de 0 a 18 Años. Primera edición, 2011
  39. Jo, J., Gavrilova, O., Pack, S., Jou, W., Mullen, S., Sumner, A. E., ... & Periwai, V. (2009). Hypertrophy and/or hyperplasia: dynamic of adipose tissue growth. *PLoS computational biology*, 5(3), e1000324
  40. Jo, J., Gavrilova, O., Pack, S., Jou, W., Mullen, S., Sumner, A. E., ... & Periwai, V. (2009). Hypertrophy and/or hyperplasia: dynamic of adipose tissue growth. *PLoS Comput Biol*, 5(3), e1000324.
  41. Kaufer-Horwitz, M., & Toussaint, G. (2008). Indicadores antropométricos para evaluar sobrepeso y obesidad en pediatría. *Boletín médico del Hospital Infantil de México*, 65(6), 502-518.
  42. Khoury, M., Manhiot, C., & McCrindle, B. W. (2013). Role of the waist/height ratio in the cardiometabolic risk assessment of children classified by body mass index. *Journal of the American College of Cardiology*, 62(8), 742-751.
  43. Klemm, D. J., Leitner, J. W., Watson, P., Nesterova, A., Reusch, J. E. B., Goalstone, M. L., & Draznin, B. (2001). Insulin-induced Adipocyte Differentiation Activation of CREB rescues adipogenesis from the arrest caused by inhibition of prenylation. *Journal of Biological Chemistry*, 276(30), 28430-28435.
  44. M. Keslin, S. Kurtoglu, M. Kendirci, M. E. Atabek, C. Yazici, "Homeostasis model assessment is more reliable than the fasting glucose/insulin ratio and quantitative insulin sensitivity check index for assessing insulin resistance among obese children and adolescents," *Pediatrics*, vol. 115e, pp. 500-503, 2005.
  45. Maskin de Jensen, A., López, M., Mir, C., Martínez, M., Ibañez de Pianesi, M., & Erhard, M. Relationship between serum leptin levels and sodium excretion in a local population of obese children and adolescents.
  46. Mărginean, C., Mărginean, C. O., Iancu, M., Szabo, B., Cucerea, M., Melit, L. E., ... & Bănescu, C. (2016). The role of TGF- $\beta$ 1 869 T> C and PPAR  $\gamma$  2 34 C> G polymorphisms, fat mass, and anthropometric characteristics in predicting childhood obesity at birth: A cross-sectional study according to the parental characteristics and newborn's risk for childhood obesity (the newborns obesity's risk) NOR study. *Medicine*, 95(29).
  47. Mo-suwan, L., McNeil, E., Sangsupawanich, P., Chittchang, U., & Choprapawon, C. (2017). Adiposity rebound from three to six years of age was associated with a higher insulin resistance risk at eight-and-a-half years in a birth cohort study. *Acta Paediatrica*, 106(1), 128-134.

48. Majka, S. M., Barak, Y., & Klemm, D. J. (2011). Concise review: adipocyte origins: weighing the possibilities. *Stem Cells*, 29(7), 1034-1040.
49. Manterola, C., & Otzen, T. (2014). Estudios observacionales: los diseños utilizados con mayor frecuencia en investigación clínica. *International Journal of Morphology*, 32(2), 634-645.
50. Matthews, D. R., Hosker, J. P., Rudenski, A. S., Naylor, B. A., Treacher, D. F., & Turner, R. C. (1985). Homeostasis model assessment: insulin resistance and  $\beta$ -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*, 28(7), 412-419.
51. Matsuo Y, Hashizume T, Shioji S, Akasaka T. Metabolic syndrome is strongly associated with chronic subclinical inflammation in patients achieving optimal low-density lipoprotein-cholesterol levels in secondary prevention of cardiovascular disease. *Diabetes Res Clin Pract*. 2002; 55: 131-8.
52. Martos-Moreno, GÁ.; Barrios, V.; Chowen, JA.; Argente, J. Adipokines in childhood obesity. In: Litwack, G., editor. *Vitamins & Hormones: "Obesity"*. Vol. 91. Elsevier; 2012. (en prensa)
53. Mrug, S., Elliott, M., Gilliland, M. J., Grunbaum, J. A., Tortolero, S. R., Cuccaro, P., & Schuster, M. (2008). Positive parenting and early puberty in girls: protective effects against aggressive behavior. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 162(8), 781-786.
54. Martínez-Gómez, D., Martínez-de-Haro, V., Pozo, T., Welk, G. J., Villagra, A., Calle, M. E., ... & Veiga, O. L. (2009). Fiabilidad y validez del cuestionario de actividad física PAQ-A en adolescentes españoles. *Revista española de salud pública*, 83(3), 427-439.
55. Manterola, C., & Otzen, T. (2014). Estudios observacionales: los diseños utilizados con mayor frecuencia en investigación clínica. *International Journal of Morphology*, 32(2), 634-645.
56. Molina, T. (2009). Desarrollo puberal normal: Pubertad precoz. *Pediatría Atención Primaria*, 11, 127-142.
57. López, M. S., Maskin de Jensen, A. N., Mir, C. N., Ibañez de Pianesi, M. E., & Manulak, M. A. (2014). Adiposidad abdominal, insulino-resistencia, hipertensión y sodio urinario en adolescentes obesos. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 48(3), 301-310.
58. Los Nuevos Patrones de Crecimiento de la OMS. OPS/OMS 2007 I.S.B.N.: 978 - 99905 - 884 - 6 - 0
59. López Jaramillo, P., Gómez Arbeláez, D., Cohen, D. D., Camacho López, P. A., & Rincón Romero, K. (2013). Asociación entre obesidad y baja capacidad muscular y función cardiorrespiratoria, factores de riesgo cardiometabólico en niños colombianos. *Revista en la Internet*, 17-23.
60. Nathalie J. Farpour, 2015, Childhood Obesity Is a Chronic Disease Demanding Specific Health Care – a Position Statement from the Childhood Obesity Task Force (COTF) of the European Association for the Study of Obesity (EASO)
61. Oda E. The metabolic syndrome as a concept of adipose tissue disease. *Hypertens res*. 2008; 431: 1283-91.
62. Organización Mundial de la Salud (2014). Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. ¿Qué se entiende por actividad moderada y actividad vigorosa? [en línea] [http://www.who.int/dietphysicalactivity/physical\\_activity\\_intensity/es/](http://www.who.int/dietphysicalactivity/physical_activity_intensity/es/) (consulta: 15 de marzo del 2014).
63. Pozo Román, J. (2015). Crecimiento normal y talla baja. *Pediatría Integral*.
64. Poveda, E., Callas, N. E., Baracaldo, C. M., Castillo, C., & Hernández, P. (2007). Concentración sérica de leptina en población escolar de cinco departamentos del centro-oriente colombiano y su relación con parámetros antropométricos y perfil lipídico. *Biomédica*, 27(4), 505-14.

65. Pires, A., Sena, C., & Seíça, R. (2016). Dyslipidemia and cardiovascular changes in children. *Current opinion in cardiology*, 31(1), 95-100.
66. Pialoux V, Mischler I, Mounier R, Gachon P, Ritz P, Coudert J, et al. Effect of equilibrated hydration changes on total body water estimates by bioelectrical impedance analysis. *British Journal of Nutrition* 2004; 91: 153-9
67. Rolland-Cachera, M. D. (2006). Early adiposity rebound: causes and consequences for. Nature Publishing Group, 30, S11–S17. doi:10.1038/sj.ijo.0803514
68. Rosenbloom, A. L. (2007). Fisiología del crecimiento. *Annales Nestlé (Ed. española)*, 65(3), 99-110.
69. Rolland-Cachera, M. D. (2006). Early adiposity rebound: causes and consequences for. Nature Publishing Group, 30, S11–S17. doi:10.1038/sj.ijo.0803514
70. Ruiz Jhonatan. 2011, Manual de instrucciones Batería ALPHA-Fitness: test de campo para la evaluación de la condición física relacionada con la salud en niños y adolescentes.
71. Resolución, N. 8430. (1993). Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Ministerio de salud.
72. Ruiz, G. (2011). Progresión del Síndrome Metabólico desde el feto a la adolescencia. Cuando la inflamación toca la puerta/Progression of metabolic syndrome from the fetus to adolescence. When inflammation knocks on the door. *Síndrome Cardiometabólico*, 1(2), 27.
73. Sánchez V. B., García, K., González Hermida, A., & Saura Naranjo, C. E. (2017). Sobrepeso y obesidad en niños de 5 a 12 años. *Revista Finlay*, 7(1), 47-53.
74. Spalding, K. L., Arner, E., Westermark, P. O., Bernard, S., Buchholz, B. A., Bergmann, O., & Concha, H. (2008). Dynamics of fat cell turnover in humans. *Nature*, 453(7196), 783-787
75. Singh, A. S., Mulder, C., Twisk, J. W., Van Mechelen, W., & Chinapaw, M. J. (2008). Tracking of childhood overweight into adulthood: a systematic review of the literature. *Obesity reviews*, 9(5), 474-488
76. Smith, P. J., Wise, L. S., Berkowitz, R., Wan, C., & Rubin, C. S. (1988). Insulin-like growth factor-I is an essential regulator of the differentiation of 3T3-L1 adipocytes. *Journal of Biological Chemistry*, 263(19), 9402-9408.
77. Spalding, K. L., Arner, E., Westermark, P. O., Bernard, S., Buchholz, B. A., Bergmann, O., ... & Concha, H. (2008). Dynamics of fat cell turnover in humans. *Nature*, 453(7196), 783-787.
78. Sierra-Johnson, J., Romero-Corral, A., Lopez-Jimenez, F., Gami, A. S., Kuniyoshi, F. H. S., Wolk, R., & Somers, V. K. (2007). Relation of increased leptin concentration to history of myocardial infarction and stroke in the United States population. *The American journal of cardiology*, 100(2), 234-239.
79. Singh, 2008, Tracking of childhood overweight into adulthood: a systematic review of the literatura.
80. Sinha R, et al. Prevalence of impaired glucose tolerance among children and adolescents with marked obesity. *N Engl J Med* 2002.;346:802-810
81. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau, RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, Bembien DA. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol* 1988;60:709-23
82. Tapia, L. S., López, J. P. Jurado A. O., "Prevalencia de síndrome metabólico y sus componentes en niños y adolescentes con obesidad," *An Pediatr (Barc)*, vol. 67, pp. 352-361, 2007.

83. Valle-Leal, J., Abundis-Castro, L., Hernández-Escareño, J., & Flores-Rubio, S. (2016). Índice cintura-estatura como indicador de riesgo metabólico en niños. *Revista chilena de pediatría*, 87(3), 180-185.
84. Vandenbroucke, J. P., Von Elm, E., Altman, D. G., Gøtzsche, P. C., Mulrow, C. D., Pocock, S. J., ... & Egger, M. (2009). Mejorar la comunicación de estudios observacionales en epidemiología (STROBE): explicación y elaboración. *Gaceta sanitaria*, 23(2), 158-e1.
85. Whitaker, R. C., Pepe, M. S., Wright, J. A., Seidel, K. D., & Dietz, W. H. (1998). Early adiposity rebound and the risk of adult obesity. *Pediatrics*, 101(3), e5-e5.
86. Wärnberg J, Nova E, Moreno LA, Romeo J, Mesana MI, Ruiz JR, Ortega FB, Sjöström M, Bueno M,
87. Marcos A y el grupo de estudio AVENA. Inflammatory proteins are related to total and abdominal
88. adiposity in a healthy adolescent population: the AVENA Study. *Am J Clin Nutr* 2006; 84: 505-12.
89. Williams, S. M., & Goulding, A. (2009). Patterns of growth associated with the timing of adiposity rebound. *Obesity*, 17(2), 335-341.
90. Zhou, J., Dang, S., Zeng, L., Gao, W., Wang, D., Li, Q., ... & Yan, H. (2016). Rapid Infancy Weight Gain and 7-to 9-year Childhood Obesity Risk: A Prospective Cohort Study in Rural Western China. *Medicine*, 95(16).

# ANEXOS

## ANEXO 1.

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

#### Información del Estudio

En este estudio "CONCENTRACIONES DE LEPTINA E INSULINA EN NIÑOS DE 3 A 10 AÑOS DURANTE EL REBOTE ADIPOSO" realizado por la Fisioterapeuta especialista en el área cardiopulmonar y actualmente estudiante de una maestría en Ciencias Biomédicas Jenny Vitery Ramos, bajo el acompañamiento de la Doctora Blanca Salazar, se estudiará en niños de peso normal la cantidad de insulina, glicemia y leptina en las diferentes edades y la relación que guarda con el porcentaje de grasa corporal.

Esta investigación se considera como una investigación con riesgo mínimo, según la resolución 8430 de 1993" del Ministerio de Salud de Colombia, artículo 11, en acuerdo a las disposiciones de la Declaración de Helsinki. Los resultados serán expuestos en un documento que será el Trabajo de Grado de la Maestría en Ciencias Biomédicas de la Universidad del Valle.

#### Número de participantes y tiempo de participación en el estudio

Los participantes de este estudio serán 120 niños de 3 a 10 años con peso normal, a quienes se les realizará una sola medición de composición corporal (peso, talla perímetro de la cintura, medición de pliegues cutáneos, porcentaje de grasa corporal por Impedanciometría bioeléctrica y se tomará una muestra de sangre para medir la cantidad de insulina, glicemia, leptina y proteína C reactiva.

#### ¿Cómo es su participación en el estudio?

Una vez el padre o acudiente conozca el estudio y apruebe la participación del niño firmando este documento y el niño firme el asentimiento, se les entregará una copia del documento y el niño ingresará al estudio. Inicialmente se realizará una encuesta para obtener información sobre datos personales, sociodemográficos, nivel de actividad física semanal y madurez sexual. Posteriormente se realizará las mediciones de composición corporal, y una enfermera del laboratorio Ángel le tomará al niño una sola muestra de sangre. El participante puede estar acompañado por uno de los padres o acudiente.

Las mediciones del estudio serán realizadas en el colegio en horario escolar o durante la consulta de salud, protegiendo la privacidad e integridad del menor. Los datos recolectados podrán ser utilizados en estudios similares, previa aprobación del Comité de Ética de la Universidad del Valle.

#### ¿Qué costos tiene la participación en el estudio?

Todas mediciones y la prueba en sangre serán pagadas con recursos propios del estudio. La participación en este estudio es absolutamente voluntaria, el participante no incurrirá en ningún gasto adicional.

#### ¿Qué beneficios obtiene si participa en el estudio?

Esta investigación es de carácter académico, por lo cual usted o el niño, no recibirán ninguna compensación económica, ni algún tipo de tratamiento médico. Si alguna de las pruebas en sangre diera un valor elevado, será comunicado a los padres y el niño será remitido a su EPS para que tenga valoración y seguimiento médico, además se informará que el participante no puede continuar el estudio.

#### Confidencialidad

La información obtenida en este estudio es estrictamente confidencial, se mantendrá la privacidad de los participantes y no será identificado en ninguna publicación. Los datos obtenidos podrán ser revisados con fines de garantizar la veracidad de la información sólo por personal autorizado

#### Las circunstancias bajo las cuales se termina su participación en el estudio

Se garantizará el derecho a retirarse del estudio cuando usted lo solicite y el día que usted lo desee.

Si llegase a tener alguna duda podrá contactar a:

-La investigadora a Jenny Vitery Ramos al celular 3003955244,

-La investigadora Blanca Salazar al celular 3164324105

-Al Comité Institucional de Revisión de Ética Humana de la Universidad del Valle:572-5185677

## 2. DECLARACIÓN DEL PARTICIPANTE

Como acudiente y responsable del menor de edad que participará en este estudio, declaro que soy mayor de edad, me encuentro en pleno uso de mis capacidades mentales y autorizo de forma voluntaria la participación del niño en este estudio. Se me ha explicado y he entendido la naturaleza y propósito de esta investigación; autorizo a los investigadores para desarrollar los procedimientos descritos.

Se me ha informado que el proyecto será realizado por la Fisioterapeuta especialista en el área cardiopulmonar y actualmente estudiante de una maestría en Ciencias Biomédicas Jenny Vitery Ramos, bajo el acompañamiento de la Doctora Blanca Salazar.

Además, tengo claro que esta investigación fue avalada por los Comité de Ética de la Universidad del Valle y de la Caja de Compensación Familiar (Comfandi), en caso de alguna inconformidad, puedo comunicarme con los investigadores encargados de este proyecto o con el Comité de Ética de la Facultad de Salud de la Universidad del Valle, teléfono 5185677

He leído este consentimiento y aclarado las dudas con respecto al estudio, además he recibido una copia del mismo. Estoy de acuerdo en la participación del niño en este estudio y como prueba de lo anterior firmo en conformidad.

Nombre del participante	Doc. de identidad	Firma del Participante	Fecha

Nombre del testigo 1	Firma del testigo 1	Teléfono	Relación con el participante

Nombre del testigo 2	Firma del testigo 2	Teléfono	Relación con el participante

Declaro que se me respeten las siguientes condiciones (si no tiene, escriba ninguna)

---



---

## 3. DECLARACIÓN DE LOS INVESTIGADORES.

Hemos informado al participante el propósito y naturaleza del procedimiento descrito anteriormente, de sus posibles riesgos y la utilización de los resultados del mismo.

Nombre del investigador	Firma del investigador	Documento de identidad
Jenny Vitery Ramos (investigador principal)		
Blanca Cecilia Salazar (director de proyecto)		
Asistente de Investigación		

Fecha: \_\_\_\_\_

### **ASENTIMIENTO INFORMADO**

Aplica para niños con buena comprensión del lenguaje y capacidad de toma de decisiones en desarrollo (sujetos entre los 7 años cumplidos y antes de los 14). Pinto B. et al., 2013.

#### **Información del Estudio**

En este estudio "CONCENTRACIONES DE LEPTINA E INSULINA EN NIÑOS DE 3 A 10 AÑOS DURANTE EL REBOTE ADIPOSO" realizado por la Fisioterapeuta especialista en el área cardiopulmonar y actualmente estudiante de una maestría en Ciencias Biomédicas Jenny Vitery Ramos, bajo el acompañamiento de la Doctora Blanca Salazar, se estudiará en niños de peso normal la cantidad de insulina, glicemia y leptina en las diferentes edades y la relación que guarda con el porcentaje de grasa corporal. Esta investigación es de riesgo mínimo según la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, artículo 11 y los resultados serán presentados a la universidad del valle.

#### **¿Por qué se está haciendo esta investigación?**

Queremos estudiar cómo cambia la cantidad de grasa en los niños durante su crecimiento

#### **¿La participación es voluntaria?:**

Sí, tu decisión de participar es voluntaria, eres libre de tomar cualquier decisión y no pasará nada ante cualquier decisión que tomes.

#### **¿Cuáles mediciones se realizarán?**

Se medirá el peso, la talla, la cintura, la cadera y algunos pliegues de piel del cuerpo, se colocarán unos adhesivos en la mano y en el pie que permiten conocer cuánta agua, grasa y músculo tiene tu cuerpo. Después una enfermera del laboratorio Ángel tomará una muestra de sangre del brazo para medir estas sustancias: leptina, insulina, glicemia y proteína C reactiva. Estas mediciones se realizarán en el colegio o en el servicio de salud y puedes estar en compañía de uno de tus padres o acudiente.

#### **¿Existe algún riesgo?**

No existe ningún riesgo, solo se realizará mediciones de la forma del cuerpo y se tomará una muestra de sangre. Estos procedimientos son seguros y los realizan profesionales expertos, además siempre estarás con uno de tus padres o acudiente y con el investigador.

#### **¿Esto me va a doler?**

Cuando se realice la toma de muestra de sangre te pincharán con una aguja pequeña el brazo, lo cual te puede incomodar por un instante, pero esto desaparecerá pronto, si presentas alguna molestia le daremos a tus padres algunas recomendaciones.

#### **¿Recibo algo por ser participante de la investigación?**

Tu participación en el estudio es voluntaria y no recibirás dinero por participar en este estudio, ni algún tipo de tratamiento médico. Si alguna de las pruebas en sangre diera un valor alterado, esto será informado a tus padres para que a través de la EPS te valoren y te hagan el seguimiento médico necesario.

#### **¿Quién conocerá mis datos?**

Tu nombre será cambiado por un número, toda la información obtenida se guardará en un computador con clave y solo la conoceremos los investigadores y personal autorizado. Esta información podrá ser usada para otra investigación sólo si el comité de ética de la Universidad del Valle lo autoriza.

#### **¿Con quién puedo hablar si tengo alguna duda?**

Si tienes alguna duda puedes preguntarme ahora o más tarde; también puedes preguntarle a la enfermera o a tus profesores o puedes llamarnos a los siguientes números:

-La investigadora: Jenny Vitery Ramos al celular 3003955244

-La investigadora: Blanca Salazar al celular 3164324105

-Al Comité Institucional de Revisión de Ética Humana de la Universidad del Valle al teléfono: 572 5185677

#### **Formulario de Asentimiento**

*(Si el niño no sabe leer ni escribir, pero da asentimiento oral, un testigo debe firmar en su lugar, esta persona deberá ser seleccionada por el participante, no ser uno de los padres, y no debería tener conexión con el equipo de investigación. Los niños analfabetos deberían incluir su huella dactilar también)*



Entiendo que la investigación consiste en realizar mediciones de mi cuerpo para conocer la cantidad de grasa y medir algunas sustancias de mi sangre (leptina, insulina, glicemia y proteína C reactiva) para determinar la relación que hay entre esas mediciones durante el crecimiento.

Sé que puedo elegir participar voluntariamente en la investigación y nadie se enfadara o molestara si decido no hacerlo o retirarme del estudio. He leído esta información (o se me ha leído la información) y la entiendo. Me han respondido las preguntas y sé que puedo hacer preguntas a los investigadores más tarde si las tengo.

Acepto participar en la investigación si-----, O no acepto -----, participar en esta investigación.  
(marque con una X en el espacio en blanco)

**Solo si el niño/a asiente:**

Nombre del niño/a \_\_\_\_\_ Firma del niño/a: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del testigo 1	Firma del testigo 1	Fecha	Teléfono
----------------------	---------------------	-------	----------

Nombre del testigo 2	Firma del testigo 2	Fecha	Teléfono
----------------------	---------------------	-------	----------

Huella del niño  
(niño analfabeto)



Se entrega copia del asentimiento al participante. \_\_\_\_  
El padre del niño ha firmado el consentimiento informado \_\_\_\_

**DECLARACIÓN DE LOS INVESTIGADORES.**

Hemos informado al participante el propósito y naturaleza del procedimiento descrito anteriormente, de sus posibles riesgos y la utilización de los resultados del mismo.

**Investigadores:**

Jenny Vitery Ramos	Firma del investigador	Documento	de
identidad			

Blanca Salazar	Firma del investigador	Documento	de
identidad			

Nombre (Asistente de investigación)	Firma	Documento de identidad
-------------------------------------	-------	------------------------

## ANEXO 2.

### ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA

No. de encuesta: 1SO, Código del participante: \_\_\_\_\_ Fecha de: \_\_\_\_\_

El código del participante corresponde a las siguientes iniciales: **1SO** + ( **CC** de Coomeva, **CA** de colegio Ágora, **CN** Colegio los Andes, **UO** Colegios de la universidad obrera, (Rafael Pombo y purificación), **TI** para la Institución Educativa Técnico Industrial-Comuna 17) + el número de la encuesta. (ejemplo: 1SO + CC + 001). El nombre del sujeto solo será registrado en el listado confidencial de los investigadores

#### 1. INFORMACIÓN SOCIODEMOGRÁFICA.

- a. Género: F ☐, M ☐ Fecha de nacimiento (dd/mm/aa) \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_, Edad actual (años/mes) \_\_\_\_, \_\_\_\_
- b. Comuna: \_\_\_\_\_ Estrato socioeconómico: \_\_\_\_\_, Teléfono de contacto: \_\_\_\_\_
- c. Nombre de acudiente y parentesco \_\_\_\_\_, Grado de escolaridad del niño: \_\_\_\_\_
- d. Nivel de escolaridad de madre: Primaria ☐, Secundaria ☐, Universitario ☐
- e. Nivel de escolaridad del padre: Primaria ☐, Secundaria ☐, Universitario ☐

#### 2. ANTECEDENTES PERSONALES

- a. ¿Alguna de las siguientes alteraciones ha sido identificada en el niño en algún momento de su vida?

Aspectos clínicos	SI ( )	NO ( )		
Asma bronquial (AB)				
Cardiopatía congénita (CC)				
Enfermedad renal (ER)				
Diabetes mellitus (DM)				
Enfermedades metabólicas (EM)				
Exceso de peso (EP)				
Desnutrición (D)				
Baja talla para la edad (TB)				
Mayor talla para la edad (TA)				
¿Actualmente recibe tratamiento médico?				
¿Cuál?				
<b>ASPECTOS RELACIONADOS CON EL NACIMIENTO</b>				
Peso al nacer:	Talla al nacer:			
Se identificó alguna alteración de la madre durante el embarazo SI ( ) _____ NO ( ) _____				
¿Cuál(es)? _____				
¿Se identificó alguna alteración del niño al nacimiento o en el 1 mes de vida? SI ( ) _____ NO ( ) _____				
¿Cuál(es)? _____				
¿Actualmente el niño recibe algún tipo de medicamento? SI ( ) _____ NO ( ) _____				
¿Cuál?				
¿Causa?				

- b. ¿En los últimos 6 meses el niño ha recibido algún tipo de tratamiento para regular de peso?  
SI ( ) \_\_\_\_\_, NO ( ) \_\_\_\_\_, ¿cuál? \_\_\_\_\_
- c. ¿El niño realiza un entrenamiento deportivo de forma regular en un horario diferente al del colegio?  
SI ( ) \_\_\_\_\_, NO ( ) \_\_\_\_\_, ¿cuál? \_\_\_\_\_

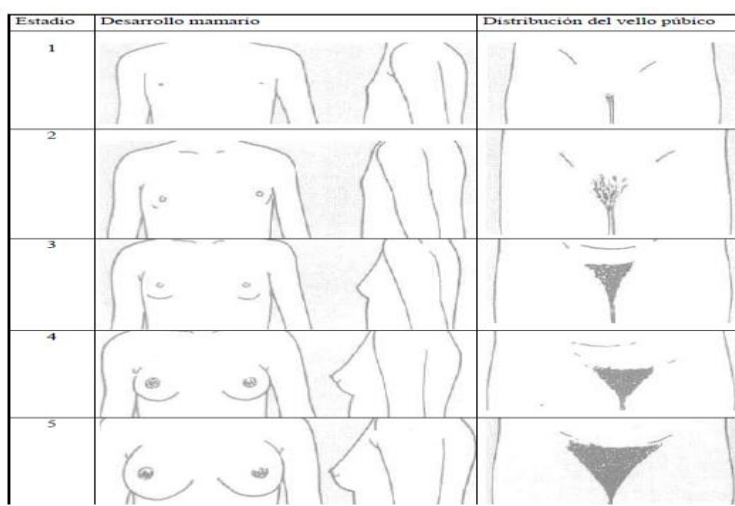
#### MEDICIÓN DE PRUEBA PILOTO

COMPOSICIÓN CORPORAL					
	IMC			Puntaje-Z	Perímetro abdominal
Fecha/evaluador	Peso	Talla	IMC		

## ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA

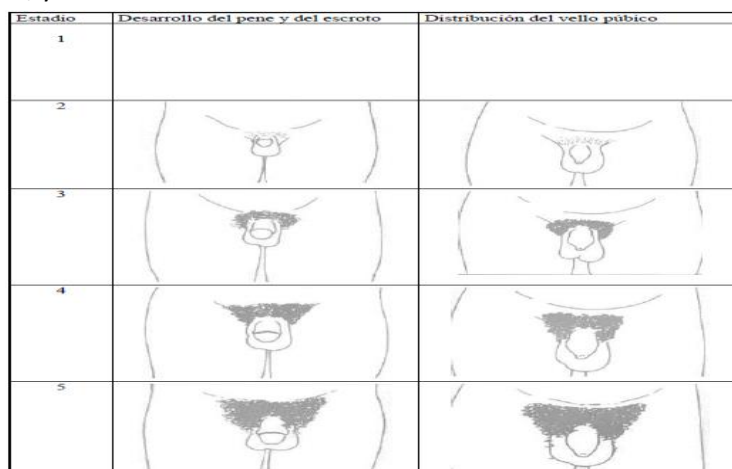
### 4. Evaluación de la madurez sexual

Escala de madurez sexual Tanner para niñas, según el desarrollo de los senos y la distribución del vello



Grafica 1. Desarrollo puberal (Estadios de Tanner para niñas)

4.2 Escala de madurez sexual Tanner para niños, según el desarrollo de según del desarrollo del pene, el escroto, y distribución del vello



Grafica 2. Desarrollo puberal (Estadios Tanner para niños)

Tabla 1. Estadios Tanner e niñas según el desarrollo de los senos, y la distribución del vello.

ESTADIO	DESARROLLO MAMARIO	DISTRIBUCIÓN DEL VELLO PÚBICO
1	La etapa infantil persiste a partir del período inmediato de posparto hasta el inicio de pubertad. Las mamas no tienen ningún tejido glandular y la areola y la papila conforman la línea de la mama.	No hay vellosidad
2	Esta es la etapa del brote mamario, durante la cual la mama y la papila sobresalen como un cono, y el diámetro de la areola aumenta de tamaño. El desarrollo de este aspecto es la primera indicación de desarrollo puberal de la mama.	Vello escaso, lacio y ligeramente pigmentado, usualmente a lo largo de los labios.
3	La mama y la areola siguen creciendo en un mismo plano y presentan un aspecto más bien como el de una pequeña glándula adulta mamaria con un contorno continuo.	Cantidades moderada de pelo más rizado, pigmentado: extensión más lateral.
4	La areola y el pezón pueden distinguirse como una segunda elevación, por encima del contorno de la mama.	Vello pubiano tipo adulto, pero no con respecto a la distribución (crecimiento del vello hacia los pliegues inguinales, pero no en la cara interna de los muslos).
5	Desarrollo mamario total con un contorno liso dando la vuelta. La areola se encuentra a nivel de la piel, y solo sobresale el pezón.	Modelo adulto.

Tabla 2. Estadios Tanner en niños según del desarrollo del pene, el escroto, y distribución del vello

ESTADIO	DESARROLLO DEL PENE Y DEL ESCROTO	DISTRIBUCIÓN DEL VELLO PÚBICO
1	Pequeño aumento de los genitales, aunque prácticamente inapreciable. El pene es del mismo tamaño y forma que en la infancia. El volumen de testículos es <1.5 cc	No hay vellosidad.
2	Agrandamiento de escroto y testículos. La piel escrotal se vuelve más roja, delgada y arrugada. El volumen de los testículos es de 1.6-6 cc. El pene no tiene ningún agrandamiento o muy insignificante.	Vello escaso, lacio y ligeramente pigmentado, usualmente arraigado a la base del pene.
3	El pene ha aumentado en la longitud, y hay un pequeño aumento en la anchura. Pequeño crecimiento del escroto. El volumen de los testículos es de 6-12 cc.	Vello rizado, aun escasamente desarrollado, pero oscuro, y claramente pigmentado: extensión más lateral.
4	Aumento de tamaño de pene con crecimiento de diámetro y desarrollo del glándula. Continuación de agrandamiento de testículos y escroto. Aumento de la pigmentación de la piel escrotal. El volumen de los testículos es de 12-20 cc.	Vello pubiano de tipo adulto, pero con respecto a la distribución no se extiende hacia la cara interna de los muslos.
5	Genitales de tipo y tamaño adulto. El volumen de los testículos es > 20 cc.	Modelo adulto.

Evaluador: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## ANEXO 3

### Cuestionario de actividad física para niños (IPAQ-C)

Código del participante: \_\_\_\_\_

Género: F\_\_ M\_\_, Grado de escolaridad \_\_\_\_\_, Numero de recreos en el colegio \_\_\_\_\_

Queremos conocer cuál es tu nivel de actividad física en los últimos 7 días (última semana). Esto incluye todas las actividades como deportes, gimnasia o danza que te hacen sudar o sentirse cansado o juegos que hagan que se acelere tu respiración como jugar al pillar-pilla (tope), saltar a la comba (cuerda), correr, trepar y otras.

Recuerda:

- ✓ No hay preguntas buenas o malas. Esto NO es un examen.
- ✓ Contesta las preguntas de la forma más honesta y sincera posible, esto es muy importante.

1. Actividad física en tu tiempo libre: ¿has hecho alguna de estas actividades en los últimos 7 días (última semana)? Si tu respuesta es sí: ¿cuántas veces las has hecho?  
(Marca un solo círculo por actividad)

Actividad física	NO	1-2	3-4	5-6	7 veces o +
Saltar a la comba (cuerda)					
Patinar					
Jugar a juegos como el pillar – pillar (el tope)					
Montar en bicicleta					
Caminar (como ejercicio)					
Correr/footing					
Natación					
Bailar /danza					

Actividad física	NO	1-2	3-4	5-6	7 veces o +
Bádminton (frontón/chaza)					
Montar en monopatín					
Fútbol/ fútbol sala					
Voleibol					
Baloncesto					
Otros deportes de raqueta					
Balonmano					
Atletismo					
Musculación/pesas					
otros					

2. En los últimos 7 días, durante las clases de educación física, ¿cuántas veces estuviste muy activo durante las clases: jugando intensamente, corriendo, saltando, haciendo lanzamientos? (Señala sólo una)
- No hice/hago educación física ..... O
- Casi nunca ..... O
- Algunas veces.....O
- A menudo ..... O
- Siempre.....O
3. En los últimos 7 días ¿qué hiciste en la mayor parte del tiempo del recreo? (señala solo una)
- Estar sentado (hablar, leer, trabajo de clase).....O
- Estar o pasear por los alrededores.....O
- Correr o jugar un poco ..... O
- Correr y jugar bastante..... O
- Correr y jugar intensamente todo el tiempo .....O
4. En los últimos 7 días, que hiciste hasta la comida (además de comer) (Señala sólo una)
- Estar sentado (hablar, leer, trabajo de clase) ....O
- Estar o pasear por los alrededores.....O
- Correr o jugar un poco ..... O
- Correr y jugar bastante..... O

Correr y jugar intensamente todo el tiempo .....O

5. ¿En los últimos 7 días, cuántos días después del colegio hiciste deportes, baile o jugaste a juegos en los que estuvieras muy activo? (Señala sólo una)

Ninguno..... O  
 1 vez en la última semana .....O  
 2-3 veces en la última semana ..... O  
 4 veces en la última semana..... O  
 5 veces o más en la última semana .....O

6. ¿En el último fin de semana cuántas veces hiciste deportes, baile, o jugar a juegos en los que estuviste muy activo? (Señala solo una)

Ninguno .....O  
 1 vez ..... O  
 2-3 veces .....O  
 4-5 veces ..... O  
 6 o más veces ..... O

7. ¿Cuál de las siguientes frases describen mejor tu última semana? Lee las cinco antes de decidir cuál te describe mejor. (Señala sólo una)

- Todo o la mayoría de mi tiempo libre lo dediqué a actividades que suponen poco esfuerzo físico..... O
- Algunas veces (1 o 2 veces) hice actividades físicas en mi tiempo libre (por ejemplo, hacer deportes, correr, nadar, montar en bicicleta, hacer aeróbic) ..... O
- A menudo (3-4 veces en la semana) hice actividad física en mi tiempo libre..... O
- Bastante a menudo (5-6 veces en la última semana) hice actividad física en mi tiempo libre..... O
- Muy a menudo (7 o más veces en la última semana) hice actividad física en mi tiempo libre..... O

8. Señala con qué frecuencia hiciste actividad física para cada día de la semana (como hacer deporte, jugar, bailar o cualquier otra actividad física)

	Ninguna	Poca	Normal	Bastante	Mucha
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Sábado					
Domingo					

9. ¿Estuviste enfermo esta última semana o algo impidió que hicieras normalmente actividades físicas? (señala solo una)

- Sí..... O
- No..... O

Si la respuesta es que si, ¿qué te impidió? \_\_\_\_\_

10. ¿Cuánto tiempo dedicas a ver televisión o video juegos?

Menos de una hora .....O  
 1-2 horas .....O  
 2-4 horas .....O  
 Más de 4 horas diarias ..... O

Firma del evaluador: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## ANEXO 4.

### Formato de Recolección de los Datos para Mediciones Antropometría y Bioquímicas

Código del participante: \_\_\_\_\_

#### Ítems de verificación

- \_\_\_\_\_ Hora de la medición  
 \_\_\_\_\_ Vestir con ropa interior  
 \_\_\_\_\_ Realizar previo a la prueba vaciamiento de la vejiga  
 \_\_\_\_\_ Estar en ayuno

#### 1.1 Medición de estudio

COMPOSICIÓN CORPORAL					
	IMC			Puntaje-Z	Perímetro abdominal
Fecha/evaluador	Peso	Talla	IMC		

#### 1.2 Medición de pliegues cutáneos

Pliegue cutáneo/ promedio								
Fecha/evaluador	Tricipital		Sub Escapular		Bíceps		Supra Iliaco	
	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo
Valor promedio								

Aplicación de la formula

Porcentaje de grasa corporal: \_\_\_\_\_

Evaluador: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## Registro de Mediciones de Composición Corporal - Impedanciometria Bioeléctrica (BIA)

Código del participante: \_\_\_\_\_

### Ítems de Verificación:

- \_\_\_\_\_ Temperatura ambiental (20 ° a 35 °C)
- \_\_\_\_\_ No usar diuréticos por una semana
- \_\_\_\_\_ No beber alcohol por 48 horas antes del examen
- \_\_\_\_\_ No realizar el ejercicio intenso por lo menos 12 horas antes
- \_\_\_\_\_ No ingerir alimentos ni bebidas cuatro horas antes
- \_\_\_\_\_ Vaciar la vejiga antes del análisis
- \_\_\_\_\_ No utilizar objetos metálicos
- \_\_\_\_\_ Debe tocar una superficie metálica que este en contacto con el suelo
- \_\_\_\_\_ Ha permanecido acostado en la camilla por más de 4 minutos

### Mediciones de estudio

Impedancia: \_\_\_\_\_ Resistencia: \_\_\_\_\_ Reactancia: \_\_\_\_\_

Fecha/ evaluador	Parámetros			Masa Corporal MC
	Masa Libre de Agua - MLA	Masa Libre de Grasa - MLG	Masa grasa	
1				
2				
3				

Porcentaje de grasa corporal: \_\_\_\_\_

### 2. Marcadores Bioquímicos

Fecha/hora de recolección de la muestra	Variable Bioquímica	Resultados	Nombre de la persona que toma la muestra	Fecha de entrega del resultado
	Insulina en ayunas			
	Leptina en ayunas			
	Proteína C reactiva PCR			

Nombre del evaluador: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_



## ANEXO 5.

### Planeación y Organización del Estudio (POE)

#### Planeación y Organización del Estudio (POE) - Mediciones de Composición Corporal

##### 1. Mediciones antropométricas

Para estas mediciones se ha adoptado un perfil antropométrico restringido y metodología standard de medición de acuerdo con las normas antropométricas la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (International Society for Advancement in Kinanthropometry, ISAK). Para el análisis de los valores de grasa corporal se utiliza la ecuación de Slaughter (1988), e d). Las mediciones serán realizadas por 1 evaluador y 1 ayudante para el registro de los datos.

En el sitio de evaluación se conservará un espacio suficiente para que el evaluador pueda moverse fácilmente alrededor del sujeto y pueda manipular el equipo. Para la medición el sujeto estará descalzo y con ropa interior (ideal traje de baño) que facilite el acceso a todos los sitios de medición. Durante el proceso de marcación y de medición el sujeto se mantendrá de pie en forma relajada, con los brazos cómodos a los costados, y los pies levemente separados.

Las mediciones se realizarán en una habitación pequeña y fresca asignada previamente en el sitio de recolección de datos, solo estará presente el evaluador, un asistente y uno de sus de sus padres o acudiente (si es necesario). Se solicitará a los participantes abstenerse de realizar ejercicio intenso durante las 48 horas previas a la evaluación. Para la prueba el niño debe vestir ropa cómoda y ligera, 15 minutos antes se solicitará, que vacíe el recto y la vejiga (Ruiz J. 2011), (ISAK 2012)

##### Medición de peso.

El peso muestra una variación diurna de aproximadamente 1kg en los niños, siendo los valores más estables los que se obtienen en la mañana y en ayuno. Para la medición el sujeto previamente realizará vaciamiento del recto y de la vejiga, luego el sujeto deberá estar descalzo y con el mínimo de prendas de ropa posible (pantalóneta y camiseta). EL sujeto será ubicado en el centro de la plataforma de la báscula sin apoyo, con el peso del cuerpo distribuido en ambos pies adoptando posición erguida, mirada al frente y brazos estirados largo del cuerpo, sin realizar ningún movimiento, (OPS/OMS, 2007), (Ruiz J. 2011), (ISAK 2012)

- ✓ Instrumento de medición: Báscula marca Seca automática mod.761 de esfera, fuerza 150 Kg, división 1000 g, clase IIII)
- ✓ La medición se registrará en kilos y gramos (Kilo:2.204 libras, libra: 453.59 gramos).

##### Medición de Talla

Todos los sujetos se tallarán sin zapatos y las niñas además estarán con el cabello suelto sin adornos en la cabeza. El sujeto se ubicará de pie con talones juntos, cuidando que el mentón se ubique recogido de manera que el borde inferior de la cavidad orbitaria se encuentre en línea horizontal con la parte superior del trago de la oreja (plano Frankfurt), la cara posterior de los glúteos y la parte superior de la espalda apoyada a la pared bajo la línea del tallímetro.

Para la medición el evaluador coloca las manos debajo de la mandíbula del sujeto con los dedos tomando los procesos mastoideos deberá inspirar profundo y sostenido, en ese momento, manteniendo el plano Frankfurt, se tomará la medición tomando como referencia el punto más alto de la cabeza (vértex) quedando el pelo comprimido por la guía del tallímetro, la medición se aproximará a 0.1cm más cercano (Ruiz J. 2011), (ENSIN 2010), (OPS/OMS.2007), (OMS/OPS, 2008).

Instrumento de medición: Tallímetro para Fijación a la pared seca modelo 206

- ✓ La medición se registrará en metros y centímetros (metro = 100cm)

**Índice de masa corporal (IMC):** se calcula aplicando la formula peso/talla<sup>2</sup> (Kg/m<sup>2</sup>)

**Perfil antropométrico restringido:**

las mediciones se realizarán en el hemicuerpo derecho del sujeto independientemente de su dominancia.

PERFIL ANTROPOMETRICO RESTRINGIDO				
Pliegues cutáneos (8)		Perímetros	Diámetros	
1. Tríceps	5. Abdominales	1. Brazo (relajado)	1. Húmero	
2. Subescapular	6. Muslo (frontal)	2. Brazo (flexionado)	2. Fémur	
3. Bíceps	7. Pantorrilla medial	3. Cintura (mínima)		
4. Supraespinal	8. Axila medial	4. Glúteos (cadera)		
5 Cresta iliaca		5. Pantorrilla (máximo)		

**Marcas o referencias anatómicas**

- **Punto acromial:** es el punto en la parte más lateral y superior del borde del proceso acromial
- **Punto radial:** es el punto en el borde proximal y lateral de la cabeza del radio, con la leve rotación del antebrazo se percibe la rotación de la cabeza del radio.
- **Punto medio acromial- radial:** es el punto equidistante entre las marcas acromial y radial. Este se mide con el brazo relajado y extendido al costado, para la marcación realiza una línea horizontal en el punto medio y se prolonga esta marca alrededor de las caras posterior y anterior del brazo en una línea horizontal para ubicar los sitios de medición de los pliegues de tríceps y bíceps
- **Subescapular:** es el punto más inferior del ángulo inferior del omóplato
- **Xifoideo:** se encuentra en la extremidad inferior del esternón. La marca es la punta inferior del xífoides.
- **Línea ilio-axilar:** Es la línea vertical imaginaria que une el punto medio observado de la axila con el borde lateral superior del ilión. Se identifica colocando el brazo del sujeto horizontalmente en la posición lateral.
- **Ileocrestídeo:** Es el punto en la cara más lateral del tubérculo ilíaco, interceptado por la línea ilio-axilar.
- **Ileoespinal:** Es el punto más inferior y prominente de la espina ilíaca anterosuperior. Si se hace difícil ubicar el punto o marca, se le pide al sujeto que levante el talón del pie derecho y rote el fémur hacia afuera. Como el sartorio se inserta de origen en el sitio ilioespinal, este movimiento del fémur permite palpar el músculo y seguirlo hasta su origen.

**Pliegues cutáneos**

Las mediciones se realizarán en el hemicuerpo derecho independientemente de la dominancia del sujeto, el sitio del pliegue cutáneo deberá ser cuidadosamente ubicado en la línea anatómica marcada. El pliegue debe pellizcarse de manera que una doble porción de piel más el tejido adiposo subcutáneo subyacente se mantenga en presión entre el dedo pulgar y el índice. Los extremos del pulgar y el índice deben estar en línea con el sitio marcado. Se debe tener cuidado de no presionar tejido muscular subyacente.

Si existe alguna dificultad, pídale al sujeto que contraiga el músculo hasta que el evaluador esté seguro de haber tomado solamente piel y tejido subcutáneo. Durante la medición el plicómetro se sostiene en un ángulo de 90 grados con la superficie del sitio del pliegue, los platillos del plicómetro se ubicarán a una profundidad que llegue aproximadamente a la mitad del dedo y la medición se registrará 2 segundos después de haber aplicado la presión total del calibrador. El evaluador informara en voz alta la medición y el ayudante repite la medición en voz alta para controlar el registro.

Al sostener un pliegue en orientación vertical los platillos de compresión del plicómetro se aplicarán a 1cm inferior del pulgar y el índice, ante un pliegue de orientación oblicua, se aplicarán a 1cm de los dedos, hacia afuera, manteniendo el mismo ángulo de 90 grados.

Si es posible, se deberían tornar 2-3 mediciones de cada sitio, tomando de forma sucesiva una serie completa de mediciones antes de repetir las mediciones una segunda y tercera vez, para el valor de estudio se utilizará el valor promedio si se realizan dos mediciones, y la mediana si se registran tres valores.

### **1. Pliegue tricipital**

El brazo deberá estar relajado con la articulación del hombro en leve rotación externa y el codo extendido al costado del cuerpo. El pliegue se toma en la superficie más posterior del brazo sobre el tríceps cuando se ve de costado, con el pulgar y el dedo índice izquierdos en la marca de corte posterior señalada sobre la línea media acromial-radial. El pliegue es vertical y paralelo al eje longitudinal del brazo.

### **2. Pliegue subescapular**

El sujeto debe pararse con los brazos a los costados. El pulgar palpa el ángulo inferior del omóplato para determinar el punto inferior más sobresaliente. El pliegue de 2 cm, se toma con el pulgar e índice izquierdos en el sitio marcado, en una dirección que se desplaza lateralmente y en forma oblicua hacia abajo, a partir de la marca subescapular, en un ángulo (aproximadamente de 45 grados), determinado por las líneas naturales de pliegue de la piel.

### **3. Pliegue bicipital**

El sujeto debe pararse con el brazo relajado, la articulación del hombro con una leve rotación externa y el codo extendido. El pliegue se ubica en la parte más anterior del brazo, se toma con el pulgar e índice izquierdo en la marca sobre la línea acromial-radial media, de forma tal que el pliegue corra verticalmente paralelo al eje longitudinal del brazo.

### **4. A. Pliegue supraespinal**

El pliegue se localiza en donde la línea imaginaria ilio espinal con el borde axilar anterior se inserta con la línea que se proyecta en sentido horizontal desde el borde superior del hueso iliaco (punto ileocrestidio). El pliegue sigue una tendencia de dirección medial hacia abajo y hacia adentro, en un ángulo de 45 grados.

### **4. B. Pliegue de la cresta iliaca (suprailíaco)**

Este pliegue se toma inmediatamente por encima de la marca iliocrestídea, a la altura de la línea ilio-axilar, el sujeto cruzara el brazo derecho sobre el pecho tocando con la mano su hombro izquierdo, el

evaluador Alinear los dedos de la mano izquierda sobre el punto o marca iliocrestídea, y presionar hacia adentro, de manera que los dedos se desplacen por sobre la cresta ilíaca. Reemplazar estos dedos por el pulgar izquierdo y reubicar el dedo índice a una distancia suficiente por encima del pulgar, de modo que esta toma constituirá el pliegue a ser medido, el pliegue corre levemente hacia abajo hacia la parte medial del cuerpo.

### **5. Pliegue abdominal**

Este pliegue se ubica en la línea media de la sobresalencia del recto abdominal del lado derecho del ombligo (punto medio del ombligo), el evaluador tomara el pliegue en sentido vertical asegurándose de que la toma inicial del pliegue sea firme y amplia.

### **6. Pliegue del muslo frontal**

Para esta medición el evaluador estará parado al costado derecho del sujeto quien estará en posición sedente con la rodilla derecha flexionada a 90 grados, el pie debe descansar en el piso o en un cajón. El sitio de medición corresponde al punto medio de la distancia entre el pliegue inguinal y el borde superior de la rótula (con la pierna flexionada).

Para facilitar la medición puede pedir al sujeto que estire levemente la pierna moviendo el pie hacia adelante, si persiste la dificultad el sujeto colabora sosteniendo con sus dos manos el muslo desde la parte posterior,

como último recurso el ayudante, parado entre las piernas del evaluado, puede ayudar tomando el pliegue con la mano derecha en la posición anatómica y otro pliegue distal. El calibre es colocado entre las manos del ayudante, a 1 cm del punto de medición.

### 7. Pliegue de pantorrilla media

El pliegue se toma vertical en la cara medial de la pantorrilla a nivel de su perímetro máximo. Para esta medición el sujeto puede estar sentado o con el pie apoyado en una caja con rodilla flejada a 90 grados y con la pantorrilla relajada,

### 8. Pliegue axilar medial

Es un pliegue vertical en la línea ílio-axilar, a nivel del punto xifoideo marcado en el esternón, se pide al sujeto que levante el brazo derecho en abducción de 90 y su mano tocando la cabeza (no superar este límite)

### Perímetros

Para esta medición el evaluador debe ubicarse en frente del segmento corporal a medir y sus ojos deben estar al mismo nivel de la cinta para evitar el error.

1. **Brazo relajado:** se mide al nivel de la línea media acromial – radial, cinta perpendicular al húmero.
2. **Brazo flexionado:** el brazo derecho estará en abducción a 90 grados con el antebrazo flexionado a 45 grados, se pide al sujeto que flexione parcialmente el bíceps para determinar el punto del perímetro máximo, con la cinta posicionada y floja se pide al sujeto que apriete el puño y lleve su mano al hombro formando el ángulo de 45 grados, realizando una contracción máxima y sostenida para realizar la medición.
1. **Cintura:** El sujeto estará de pie, erguido, mirando al frente, mantendrá el abdomen relajado y los brazos cruzados sobre el pecho, el examinador rodeará la cintura del sujeto con la cinta métrica en el nivel más estrecho, entre el borde del costal inferior (10ª costilla) y la cresta ilíaca, estando el niño con los brazos relajados y al final de una espiración normal, se tomará la medida sin que la cinta presione la piel. Si no existe una cintura mínima clara, la medida se tomará en el punto medio entre el borde del costal inferior (10ª costilla) y la cresta ilíaca (Ruiz J. 2011). El resultado se registra con una aproximación de 0.1 cm.
2. **Glúteos (cadera):** se mide a nivel del máximo relieve de los músculos glúteos casi siempre coincidente con el nivel de la sínfisis pubiana, para la prueba el sujeto se para con los pies juntos y no deberá contraer los glúteos.
3. **Pantorrilla (máximo):** El sujeto estará de espaldas al evaluador, parado sobre un cajón, distribuyendo el peso de forma equitativa en ambos pies. La medición se realizará en la cara lateral de la pierna, la cinta contournea la pantorrilla y se busca el máximo perímetro hacia arriba y abajo, hasta identificar el punto.
- 4.

### El Índice Cintura Talla (ICT)

Este índice se calcula aplicando la siguiente fórmula:  $\text{perímetro de la cintura (cm)} / \text{talla (cm)}$

### Índice cintura cadera (ICC)

Este índice resulta de la dividir el perímetro de la cintura (cm) de una persona por el perímetro de su cadera (cm)

### Diámetros

#### 1. Biepicondilar del Húmero:

Es la distancia medida entre los epicóndilos medial y lateral del húmero, cuando el brazo es levantado anteriormente hacia el plano horizontal y el antebrazo es flexionado a 90 grados con el brazo. Para la medición con dedos medios palpa los epicóndilos, el calibre es colocado directamente sobre los epicóndilos orientando las ramas de abajo hacia arriba en el plano horizontal para tomar la medida.

#### 2. Biepicondilar del fémur:

Es la distancia medida entre los epicóndilos medial y lateral del fémur, cuando el sujeto está sentado y la pierna flexionada en la rodilla, formando un ángulo recto con el muslo. Con el sujeto sentado y los calibres colocados en el lugar, utilizar los dedos medios para palpar los epicóndilos, coloque los patillos del calibre

sobre los epicóndilos orientando las ramas de arriba hacia abajo en un ángulo de 45 grados, con respecto al plano horizontal para tomar la medida.

- ✓ Instrumentos de medición
- Cinta antropométrica inextensible Harpenden calibrada en centímetros y gradaciones en milímetros y con sistema de retracción automática.
- Plícometro Harpenden con una compresión de 10 gr/mm<sup>2</sup>
- Calibre deslizante pequeño
- ✓ Los resultados se registrarán en centímetros y milímetros, según cada prueba.

### Bibliografía

1. Norton, K., Whittingham, N., Carter, L., Kerr, D., Gore, C., &Marfell-Jones, M. (2003). Técnicas de medición en antropometría Kevin. Capítulo, 2, 35-45.
2. Ruíz, J. R., España Romero, V., Castro Piñero, J., Artero, E. G., Ortega, F., Cuenca García, M., & Mora, J. (2011). Batería ALPHA-fitness: Test de campo para la evaluación de. Capítulo 11: referencias bibliográficas.

### Planeación y Organización del Estudio (POE) Mediciones de Composición Corporal

#### 3. Mediciones por Impedanciometría Bioeléctrica (BIA)

Para la medición de variables como: porcentaje de agua, porcentaje de masa gras a y porcentaje de masa magra se utiliza Bodystat 1500MDD, siendo necesario para la medición una superficie no conductora (camilla o colchoneta no metálicas)

#### Tener en cuenta para la medición los siguientes ítems de Verificación:

- \_\_\_\_\_ Temperatura ambiental (20 ° a 35 °C)
- \_\_\_\_\_ No usar diuréticos por una semana
- \_\_\_\_\_ No consumir bebidas ni alimentos 4 -5 horas antes de la prueba
- \_\_\_\_\_ No realizar el ejercicio intenso por lo menos 12 horas antes
- \_\_\_\_\_ Vaciar la vejiga y el recto 30 minutos antes del análisis
- \_\_\_\_\_ No utilizar objetos metálicos
- \_\_\_\_\_ Debe tocar una superficie metálica que este en contacto con el suelo
- \_\_\_\_\_ Ha permanecido acosado en la camilla por más de 4 minutos

#### Características del equipo de medición:

MEDICIONES	
Tecnología	Análisis de bioimpedancia (BIA), Tecnología de conversión de señales de bloqueo
Rango de medición de la impedancia	20 – 1300 ohms
Precisión	Impedancia 2-3 Ω Reactancia (50KHz): +/- 1Ω Angulo de fase (50KHz) +/-0.2°
Corriente de la prueba	200 Micro-Amp R.M.S (media cuadrática)
Frecuencia	5 & 50 (kilohercios)
Calibración	Se suministra un calibrador para la verificación periódica independiente
Configuración	2 hilos conductores (retirables)
Tiempo de computación	6 segundos
Comunicación con PC	Interfaz inalámbrica por bluetooth
Fuente de energía interna	Pilas alcalinas Duracell MN1500, 6 x AA (LR6) 1,5v no recargables

**Procedimiento:**

- Explique al participante y su acompañante en que consiste la medición “voy a realizar una medición de la cantidad de agua, grasa y músculo que tiene su cuerpo”.
- Verifique que la camilla no tiene superficie conductora (metálica), el paciente acostado en la camilla adopta una posición supina con los brazos separados del tronco a 30 grados y las piernas separadas en ángulo de 45 grados sin contacto entre los muslos.
- Explique al niño que la prueba es muy corta y que él no sentirá nada durante la medición. “este examen tomará solo unos pocos minutos, voy a limpiar el dorso de tu mano y pie derecho con un algodón y alcohol suavemente y pondré unos parches (electrodos) sobre la piel, que se conectarán al equipo a través de un cable. La máquina a través de una corriente muy pequeña que no se siente, mide la cantidad de agua, grasa y músculo de tu cuerpo”.
- El evaluador estará al lado derecho del participante, despejará la zona del brazo y mano de la pierna y pie derechos, limpia el dorso con un algodón humedecido con y alcohol al 70 GL. Y dejar secar el área para no afectar el estado de los electrodos.
- Coloque los electrodos al participante (la lengüeta del electrodo debe quedar situada al lado derecho el sujeto)

## ✓ Con electrodos cortos:

- En la mano derecha: ponga el electrodo proximal en la muñeca junto a la cabeza del cúbito y el electrodo distal detrás del nudillo del dedo medio.
- En el pie derecho: ponga el electrodo proximal en el tobillo a nivel y entre el maléolo medial y lateral.

## ✓ Con electrodos largos:

- En la mano derecha: ponga el electrodo proximal entre la epífisis distal del radio y la ulna, y el distal a nivel de la articulación metacarpo falángica.
- En el pie derecho: ponga el electrodo un electrodo proximal en el tobillo entre el maléolo medial y lateral.
- Conecte el clip de cocodrilo de los cables conductores a la lengüeta del electrodo, el negro al electrodo proximal y el rojo al distal.
- Prenda el equipo y registre el número de la prueba registrada en el Bodystat e Introduzca los datos del sujeto: sexo, edad, talla, peso, actividad física, perímetro de la cintura, perímetro de la cadera.
- Asegúrese que el niño ha permanecido al menos 4 minutos acostado sobre la camilla antes de realizar la prueba (esto para asegurar que los niveles de líquido se han estabilizado en el cuerpo).
- **Previo a la medición Indique al niño que debe permanecer quieto completamente por un instante y muy relajado**
- Realice la medición y verifique después de 5 a 6 segundos las variables medidas en la pantalla del equipo una señal audible le indicara que ha terminado la medición electrónica, tome registro en el formato de recolección.
- Apague el equipo y retire los electrodos, El sujeto puede sentarse, la prueba ha terminado.
- Los valores obtenidos en la medición se guardarán en el software del equipo Bodystat y posteriormente se descargarán en el computador.

**FORMATO DE REGISTRO DE MEDICIONES POR BIA****Mediciones de estudio**

No. de la prueba Bodystat: \_\_\_\_\_ Código del participante: \_\_\_\_\_  
 Impedancia 5 KHz: \_\_\_\_\_ Impedancia 50KHz: \_\_\_\_\_ Resistencia 50KHz: \_\_\_\_\_  
 Reactancia 50nKHz: \_\_\_\_\_ Angulo de fase 50 KHz: \_\_\_\_\_

MEDICION No. 1	Fecha:	Hora:	MEDICION No. 2	Fecha:	Hora:
VARIABLE	TOTAL	RANGO DE NORMALIDAD	VARIBALE	TOTAL	RANGO DE NORMALIDAD
Grasa (%)			Grasa (%)		
Grasa (Kg)			Grasa (Kg)		
Magro (%)			Magro (%)		
Magro (Kg)			Magro (Kg)		
Agua (%)			Agua (%)		
Agua (Lt)			Agua (Lt)		
Peso total del cuerpo			Peso total del cuerpo		
IMC			IMC		
BFGMI			BFGMI		
FFMI			FFMI		

### 1. Marcadores Bioquímicos

Para la realización de la prueba de sangre:

- El día anterior se llamará telefónicamente al padre o madre del niño, o al cuidador legal del menor, con el objetivo de recordar que el niño el día siguiente tiene la prueba en sangre y debe estar ayuno de 12 horas, reforzar la información que no debe comer ni tomar absolutamente nada, ni siquiera agua.
- El día de la prueba el niño será llamado en su salón de clase, se le informará al profesor el motivo por el cual el niño se ausentará y se le explica nuevamente al niño el procedimiento que se le realizará.
- Si el niño no quiere hacer la prueba por temor, o simplemente porque no acepta que le realicen la toma de muestra de sangre, él puede retirarse del estudio voluntariamente. Aunque el niño se retire voluntariamente y si no ha desayunado, Recibirá el refrigerio.
- El niño será conducido hasta el sitio en el colegio donde estará el personal el laboratorio Ángel con los equipos e insumos para realizar la prueba y será llamado en orden de llegada.
- Los padres que acompañan a los participantes a la prueba pueden estar con ellos en todo el procedimiento.
- Durante la prueba el investigador principal, registrará el nombre del niño en el formato de recolección de datos, se registrará fecha y hora de la prueba y nombre de quien toma la muestra de sangre.
- El investigador principal firmará la bitácora del laboratorio Ángel, como soporte de los niños que fueron medidos.
- El reporte de resultados del laboratorio será entregado en físico y en documento digital al investigador principal, quien reportará en el formato el valor obtenido.

Fecha/hora de recolección de la muestra	Variable Bioquímica	Resultados	Nombre de la persona que toma la muestra	Fecha de entrega del resultado
	Insulina en ayunas			
	Glicemia			
	Leptina en ayunas			
	Proteína C reactiva PCR			

Firma del investigador que registra los resultados: \_\_\_\_\_

La información obtenida en los diferentes formatos de recolección será registrada en la base de datos digital, un segundo investigador revisará la información para verificar la veracidad de la información.

### Bibliografía

1. Lara Lafargue, A., Bergues Cabrales, L. E., Verdecia Jarque, M., Laurencio Martínez, Y., & Ortega Díaz, Y. (2013). Parámetros bioeléctricos in vitro e in vivo, estimados con los analizadores Bodystat® 1500-MDD y BioScan® 98. *Medisan*, 17(9), 4054-4063.
2. Bodystat 1500MDD. User's guide. Versión 1/10, 2010.